# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

## DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

### MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Howard*, directeur du Service entomologique des États-Unis, et à M. *Bœdtker*, professeur de l'Université de Kristiania, qui assistent à la séance.

CHIMIE. — *La quatrième Conférence internationale de la Chimie pure et appliquée*. Note de M. **Auguste Béhal**.

L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée vient de tenir sa quatrième Conférence à Cambridge du 16 au 20 juin. 21 nations étaient représentées et le nombre des congressistes était de 144.

La France avait une délégation de dix-sept représentants qui comprenait, entre autres, cinq membres de notre Académie : MM. Haller, Moureu, Lindet, Bertrand et Béhal, président de la Fédération française.

Conformément aux statuts, le Conseil de l'Union internationale de la Chimie a procédé à l'élection de son bureau.

La proposition faite à Lyon de porter le nombre des vice-présidents à six a été acceptée et le Conseil a désigné à l'unanimité MM. Cohen (Pays-Bas) et Sakurai (Japon) comme vice-présidents.

Sir William Pope a suggéré de porter à huit le nombre des vice-présidents; sa proposition sera soumise au Conseil lors de la prochaine Conférence.

L'admission du Brésil qui adhère par son gouvernement a été prononcée à l'unanimité.

Conformément aux décisions du Conseil international de Recherches, la demande d'admission faite par l'Esthonie est renvoyée à ce Conseil qui doit désormais statuer au préalable.

Sur l'invitation des délégués du Danemark, le Conseil décide de tenir la prochaine Conférence à Copenhague.

Les diverses Commissions se sont réunies à l'Arts School; elles ont délibéré sur les questions à l'ordre du jour et ont abordé de nouveaux sujets. De nombreuses résolutions ont été prises et ne peuvent être résumées.

Au cours de la Réunion, plusieurs Conférences ont été faites :

*Nature des solutions savonneuses*, par M. J. W. Mc Bain F. R. S.;

*Récents développements de la catalyse*, par E. K. Rideal;

*Nouveaux aspects de la tautomérie*, par J. F. Thorpe F. R. S.;

*Mécanisme chimique des oxydations dans les tissus vivants*, par M. F. Gowland Hopkins F. R. S.

La vieille cité universitaire de Cambridge était bien choisie pour le siège de la Conférence et les délégués ont pu parcourir à loisir les divers collèges et s'initier à la vie scolaire anglaise. Ils ont eu la bonne fortune de visiter les laboratoires de recherches d'où sont sorties tant de belles découvertes, entre autres ceux de sir J. J. Thomson, de sir William Pope, du professeur Aston, etc.

Les délégués étrangers, logés pour la plupart dans les collèges ou dans des familles, conserveront un souvenir inoubliable de l'hospitalité qu'ils ont reçue.

Le banquet annuel de l'Union, offert par le *British Federal Council for Pure and Applied Chemistry*, eut lieu dans le hall admirable du Trinity College.

Sir William Pope présidait, entouré de M. le Rev. E. C. Pearce D.D., vice-chancelier de l'Université de Cambridge, et de sir J. J. Thomson D.M. F.R.S., Master du Trinity College.

Au dessert, le toast au Roi fut proposé par le président. Les toasts suivants furent portés : *à l'Université de Cambridge*, par M. le professeur Albin

Haller, président de l'Académie des Sciences de France, au nom des Académiciens scientifiques des pays représentés; *à l'Union internationale de la Chimie pure et appliquée*, par M. le professeur Wilder D. Bancroft, vice-président de l'Union, au nom des délégations étrangères; *à la prospérité des gradués honoraires*, par Sir J. J. Thomson O. M. F. R. S., Master du Trinity College. Il y fut répondu par M. le Rev. E. C. Pearce D. D., vice-chancelier de l'Université; par Sir William Pope K. B. E. F. R. S., président de l'Union, et par le professeur E. S. Cohen, vice-président de l'Union.

Durant la conférence, on procéda avec les formes traditionnelles à la nomination de sept docteurs ès sciences *honoris causa*. Ont été nommés : M. Albin Haller, M. Wilder D. Bancroft, M. Charles Moureu, R. Nasini, M. E. S. Cohen, M. F. Swartz et M. A. Pictet.

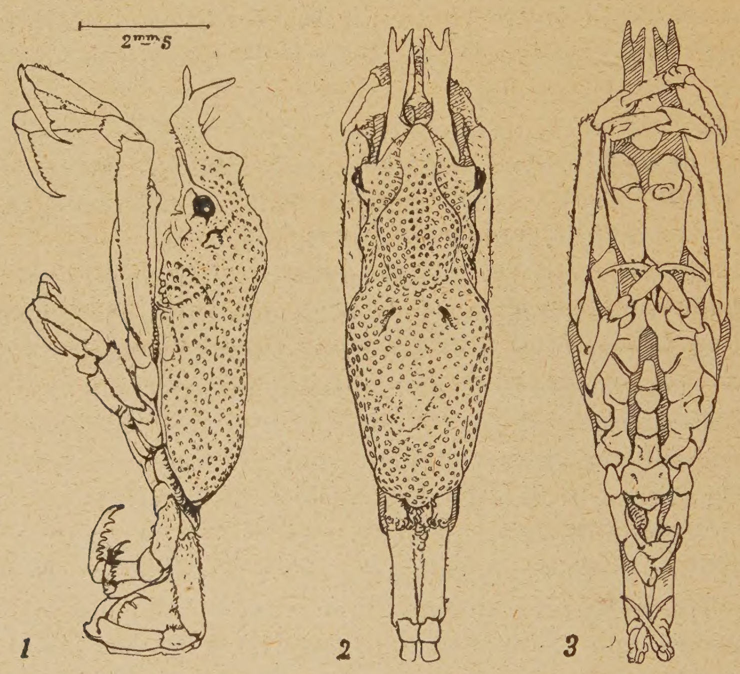
Le séjour dans la vieille cité universitaire ressuscitait chez les congressistes le souvenir des premières années de labeur dans la recherche et il faut noter la ferveur et le respect que tous avaient conservé pour leurs premiers maîtres. Il y a là une source incontestable d'influence morale.

Jadis les laboratoires français (oh combien misérables!) ont pu accueillir, parfois, quelques travailleurs étrangers qui ont tracé leur sillon dans le champ de la science. Aujourd'hui où la Chimie a grandi et grandit encore d'une façon si extraordinaire qu'on ne peut trouver de terme convenable pour la qualifier, ce n'est pas quelques isolés que la France doit accueillir, mais tous ceux qui se présenteront. Si la France veut conserver son prestige, il faut créer un enseignement spécial des recherches, il faut que des laboratoires soient construits assez vastes pour recevoir les étrangers, tous les étrangers et tous les Français qui voudraient y travailler. Il faut que ces laboratoires soient dotés de tout l'outillage moderne. Il y va pour elle d'une partie de son influence morale qui se rattache au rôle qu'elle doit jouer dans le monde.

BIOLOGIE. — *Sur l'adaptation à la vie arboricole d'un Crabe de Madagascar* (Stenocarabus suspensus *Gravier*). Note de M. Ch. Gravier.

De son exploration à Madagascar (1920-1922), M. G. Petit, préparateur au Muséum d'Histoire naturelle, a rapporté des collections variées et importantes d'animaux; parmi ceux-ci, il faut signaler un petit Crabe provenant des récifs de coraux de Tuléar, dont j'ai fait connaître les caractères

essentiels ([1]) et qui présente une adaptation singulière — et inattendue dans ce groupe d'Arthropodes — à la vie arboricole. Cette expression est prise ici dans le sens large que lui a donné R. Anthony ([2]) et s'applique non seulement aux animaux qui vivent dans les arbres, mais à tous les êtres qui prennent la même attitude que ceux-ci, comme certains Poissons et certains Reptiles, par exemple.




1. Vue de profil de l'animal. — 2. L'animal vu par la face dorsale. — 3. L'animal vu par la face ventrale.

Il n'a été recueilli malheureusement qu'un seul exemplaire (un mâle) de ce Crabe, sans indication précise d'habitat. Il paraît extrêmement vraisemblable, d'après l'aspect général du corps et surtout d'après la conformation et la disposition des pattes ambulatoires, que c'était un animal accroché à un support probablement vertical. Dans les régions d'où il provient, le fond de la mer, entre les massifs de Madréporaires, était couvert de *Cymodoce*. M. G. Petit ne peut affirmer que le Crustacé était fixé sur ces plantes.

---

([1]) Ch. Gravier, *Sur un nouveau type de Crabe* (Stenocarabus *nov. gen.*, suspensus *nov. sp.*) *de Madagascar* (*Bull. Mus. Hist. natur.*, t. 29, 1923, p. 214).

([2]) R. Anthony, *Contribution à l'étude morphologique générale des caractères d'adaptation à la vie arboricole chez les Vertébrés* (*Ann. Sc. natur. Zool.*, 9e série, t. 15, 1912).

La carapace est de forme très allongée ; elle porte, en avant et de chaque côté, une grande corne bifurquée à l'extrémité libre, dont la longueur atteint le tiers environ du reste de la carapace (*fig.* 1 et 2). En avant, entre les bases des deux cornes, le bord frontal se relève en une saillie bien marquée. Toute la face dorsale de la carapace est couverte de petits tubercules à contour arrondi, non disposés régulièrement, sur lesquels sont implantées des soies, les unes droites, les autres recourbées en hameçon ; c'est sur ces soies que se fixent les particules vaseuses qui recouvraient entièrement l'animal. Les yeux, pédonculés et rétractiles, sont enclos dans des orbites saillantes à la partie antérieure du corps.

Ce qui frappe immédiatement quand on observe ce Crustacé de Madagascar, c'est la disposition des appendices. Les pinces, plutôt faibles, ne sont pas visibles sur l'animal regardé par la face dorsale, dans l'attitude du repos ; elles le sont à peine, quand on l'examine de profil, parce qu'elles sont masquées, de chaque côté, par les pattes de la seconde paire insérées extérieurement à elles. Celles-ci, qui correspondent à la première paire de pattes ambulatoires, sont dirigées en avant, comme pour saisir un support. Leur partie basilaire est orientée parallèlement au plan de symétrie du corps ; leur partie moyenne est presque normale à la précédente, et leur griffe terminale, armée d'une série de pointes, est sensiblement normale à la partie moyenne et est orientée vers le plan de symétrie du corps, de sorte que l'ensemble forme un crochet propre à embrasser fortement un support sur lequel s'appliquerait le corps de l'animal.

Les pattes ambulatoires de la seconde paire, plus courtes, ont la même attitude que celles de la première paire. Il en est de même pour celles de la troisième et de la quatrième paire, mais celles-ci sont dirigées en arrière. Les parties basilaires des pattes ambulatoires de la quatrième paire sont insérées à la partie postérieure du corps qu'elles semblent prolonger, car elles sont presque tangentes intérieurement. Ces pattes sont plus courtes que celles de la première paire, mais plus longues que celles de la troisième ; celles-ci sont un peu plus courtes que celles de la seconde. Ces deux paires intermédiaires, les moins développées, ne sont pas visibles sur l'animal examiné par la face dorsale. Si donc on numérote les paires de pattes ambulatoires de 1 à 4, en partant de l'extrémité antérieure du corps, l'ordre de grandeur décroissante de ces appendices est le suivant : 1, 4, 2, 3. Les formules correspondantes, chez les différents Crabes, sont fort variées ; mais, à ma connaissance, celle du Crabe de Tuléar n'a jamais été signalée jusqu'ici. Des pattes ainsi disposées, au point de vue de la forme et de la

taille, ne sont pas faites pour marcher, mais pour maintenir sur son support l'animal qui en est pourvu.

Dans son Mémoire sur l'adaptation à la vie arboricole, R. Anthony distingue trois subdivisions parmi les animaux qui sont le mieux adaptés à ce genre d'existence : 1° des marcheurs peu modifiés et qui sont aptes à se tenir et à progresser sur les branches, en s'aidant de griffes puissantes, comme les Félins arboricoles; 2° les animaux aptes à saisir les branches, comme les Singes anthropoïdes; 3° ceux dont les extrémités des membres sont transformées en véritables crochets et qui sont suspendus d'une façon plus ou moins passive, ce qui correspond au stade ultime de l'adaptation, réalisé chez les Paresseux.

S'il était possible de comparer entre eux des animaux aussi dissemblables à tous égards que les Mammifères et les Crustacés, c'est de la troisième subdivision que le Crabe de Tuléar s'éloignerait le moins. Chez la grande majorité des Crabes, animaux essentiellement marcheurs, les pattes ambulatoires s'étalent tout autour du corps, de façon à fournir une large base de sustentation et reposent sur le sol par les extrémités des doigts terminaux. Chez l'Oxyrhynque de Madagascar, elles se disposent parallèlement au plan de symétrie dans leur région basilaire et s'en rapprochent de plus en plus d'avant en arrière. La partie basilaire des pattes ambulatoires de la première paire continue en avant, pour ainsi dire, la région latérale du corps de chaque côté ; la seconde et la troisième paire sont entièrement couvertes par la carapace ; dans la quatrième paire, la partie basilaire est, en arrière, dans le prolongement direct du corps. En outre, les moitiés distales de tous ces appendices, plus ou moins fortement coudées sur les moitiés proximales, vers le plan de symétrie, s'entre-croisent sous le corps et à quelque distance de ce dernier, comme pour embrasser un support tel qu'une branche ou une tige étroite. Ces appendices se terminent chacun par une longue griffe armée de pointes très saillantes, aptes à fixer l'animal sur son support. En un mot, les pattes paraissent bien être transformées en crochets permanents. Les pattes antérieures sont les plus développées, puis viennent les pattes postérieures ; ce sont ces deux paires d'appendices qui jouent le rôle principal dans la fixation de l'animal au support. Les deux autres paires de pattes intermédiaires n'ont vraisemblablement qu'une importance secondaire à ce point de vue.

Cette transformation des membres en sortes de crochets permanents se retrouve chez les Paresseux. De plus, chez le Crustacé de Madagascar, le corps participe à l'allongement des membres des deux paires extrêmes. Il y

a encore un caractère propre aux arboricoles suspendus qu'il eût été intéressant de vérifier ici, c'est l'atrophie des muscles extenseurs des membres et l'hypertrophie des muscles fléchisseurs. N'ayant qu'un exemplaire unique à ma disposition, il m'était impossible de le tenter.

Il faut noter que la vie arboricole fixée, qui est probablement celle du Crabe de Tuléar et qui le condamne presque à l'immobilité, n'est pas bien différente, au fond, de celle que mènent la plupart des Crustacés de la même tribu, celle des Oxyrhynques. Ceux-ci sont des animaux d'allure lente; un certain nombre d'entre eux se déguisent en recouvrant leur corps d'objets empruntés au milieu environnant, qu'ils miment parfaitement et dans lequel ils demeurent sans mouvement; ils ne détendent leurs pinces que pour saisir quelque proie passant à leur portée.

La fixation à un support ou l'adaptation à la vie arboricole est extrêmement rare chez les Crustacés Décapodes. On n'a guère cité jusqu'ici, d'une façon positive, que le Birgue larron (*Birgus latro* Herbst) ou Crabe des Cocotiers. Ce singulier animal, du sous-ordre des Anomoures, doit grimper sur les Cocotiers à l'aide surtout de ses deux premières paires de pattes ambulatoires, puissantes et trapues, qui paraissent construites pour embrasser le support sur lequel l'animal peut se déplacer. On n'a point signalé, jusqu'ici, à ma connaissance du moins, de fait semblable chez les Crabes proprement dits.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrale singulière et sur un problème de la théorie des tourbillons.* Note (¹) de M. **Henri Villat.**

Dans une Note antérieure (²), j'ai attiré l'attention sur certaines équations intégrales, rencontrées en Physique mathématique, et qui possèdent des propriétés inattendues. Dans les lignes suivantes, je voudrais tout d'abord indiquer une nouvelle équation de ce genre, puis la solution d'un problème d'Hydrodynamique auquel elle se rattache.

Dans la théorie de l'équation de Fredholm, on connaît déjà des exemples d'équations où la solution n'est pas unique et dépend d'un paramètre (cf. par exemple l'équation de M. H. Weyl, *Mathemat. Annalen*, t. 66, 1908).

(¹) Séance du 25 juin 1923.

(²) *Comptes rendus*, novembre 1921.

L'équation ci-dessous, dont le type se rapproche un peu de celui de Fredholm, présente des singularités beaucoup plus extraordinaires.

Il s'agit ici de l'équation

$$\int_0^{2\pi} [\Phi(s) - \Phi(\varepsilon)]\, \zeta \frac{\omega_1}{\pi}(\varepsilon - s)\, ds + 2\eta_1 \left(\frac{\varepsilon}{\pi} - 1\right)\Phi(\varepsilon) + \frac{\pi}{\omega_1}\log|\Phi'(\varepsilon)|$$
$$= \frac{\pi}{\omega_1} \log \frac{\sigma_2\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)\sigma_3\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)}{\sigma^2\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)} + \mathrm{C},$$

dont il faut trouver les solutions $\Phi(\varepsilon)$ définies dans l'intervalle $0, 2\pi$. Les fonctions $\zeta$ et $\sigma_\alpha$ sont celles bien connues de la théorie des fonctions elliptiques, les demi-périodes étant $\omega_1$ et $\omega_3$. Bien que l'on puisse préciser toutes les solutions, je n'envisagerai que celles dont l'Hydrodynamique a à faire usage, et qui satisfont à la condition

$$\int_0^{2\pi} \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon = 3\pi^2.$$

Il y a des infinités de telles solutions, dépendant d'autant de paramètres que l'on voudra; elles sont caractérisées par le nombre des discontinuités, chaque nouveau paramètre introduit manifestant l'existence d'une discontinuité nouvelle (de première espèce). Parmi ces intégrales, il y en a une infinité qui sont continues; elles sont données par la formule

$$\Phi(\varepsilon) = \pi - \operatorname{arc\,tang} \frac{\operatorname{cn}\left(\frac{2\mathrm{K}\varepsilon}{\pi}\right)}{k' \operatorname{sn}\left(\frac{2\mathrm{K}\varepsilon}{\pi}\right)} + 2 \operatorname{arc\,tang} \frac{\lambda k' \operatorname{sn}\left(\frac{2\mathrm{K}\varepsilon}{\pi}\right)}{\operatorname{dn}\left(\frac{2\mathrm{K}\varepsilon}{\pi}\right) - \lambda \operatorname{cn}\left(\frac{2\mathrm{K}\varepsilon}{\pi}\right)},$$

où les fonctions sn, cn, dn sont construites sur les demi-périodes $\mathrm{K} = \frac{\omega_1}{2}$, $\mathrm{K}' = -i\omega_3$, et où $k'$ est le module complémentaire de ces fonctions. Les arcs tangentes doivent être suivis par continuité, en choisissant les déterminations qui sont nulles pour $\varepsilon = \frac{\pi}{2}$ et $\varepsilon = 0$ respectivement; $\lambda$ est un paramètre arbitraire; il est commode de s'imposer la condition

$$2\omega_1 = \pi q_0^2 q_2^4,$$

qui déterminera $\omega_1$ ($q_0$ et $q_2$ étant les produits infinis connus).

On peut introduire, comme nous l'avons dit, autant de paramètres que l'on veut; on peut donner à ces paramètres des valeurs formant un ensemble

de mesure nulle, par exemple dans un intervalle donné. Si dans une partie de cet intervalle on cherche à placer une infinité de ces paramètres de façon à en former une suite continue définissant une fonction (à la manière classique bien connue), la fonction correspondante $\Phi(\varepsilon)$ tend vers une expression limite bien déterminée, mais cette expression limite *n'est plus une solution* de l'équation intégrale.

Les résultats précédents se sont présentés à propos de l'étude d'un problème physique (que l'on peut aussi traiter indépendamment du précédent). Considérons un liquide enfermé dans un cylindre de révolution limité à deux sections droites. Une pale plane, à bords rectilignes et de même hauteur que le cylindre, est placée à l'intérieur, son axe de symétrie vertical coïncidant avec l'axe du cylindre. Par un moyen quelconque, on imprime au fluide une rotation d'ensemble autour de la plaque centrale, on cherche à déterminer le mouvement permanent résultant. On peut se ramener à un problème plan dans une section droite $xOy$. Posant $z = x + iy$, et prenant comme unité le rayon du cylindre, l'espace annulaire compris entre la pale $AA'$ et la circonférence $|z| = 1$ se transforme en une couronne circulaire d'un nouveau plan $t$ par la relation

$$z = \operatorname{cn}\left(K + \frac{2iK}{\pi}\log t \,|\, K, iK'\right) + i \operatorname{sn}\left(K + \frac{2iK}{\pi}\log t \,|\, K, iK'\right);$$

la demi-largeur de la pale est $a = \frac{1-k'}{k}$, les rayons extrêmes de la couronne sont $1$ et $q = e^{-\frac{\pi K'}{2K}}$.

Si dans le plan $z$ on cherche à déterminer un mouvement continu sans tourbillons, on trouve une disposition inadmissible, avec des vitesses infinies. Si l'on abandonne la continuité, on peut introduire soit deux lignes de discontinuité se raccordant tangentiellement avec la plaque après avoir isolé deux régions, symétriques par rapport au centre, faisant corps avec $AA'$ (cf. ma Note aux *Comptes rendus*, février 1920), soit encore une seule ligne de discontinuité passant par $A$ et $A'$ et enfermant complètement la plaque (le cas simple de la circonférence de diamètre $AA'$ m'a été signalé par M. R. Thiry). Mais ces dispositifs ne semblent pas traduire les conditions expérimentales, dans lesquelles on voit apparaître des tourbillons. M. Charles Camichel a bien voulu m'indiquer que l'expérience montrait l'existence de quatre tourbillons périodiques placés deux par deux symétriquement par rapport au centre, deux ayant une intensité notable par rapport aux deux autres.

En première approximation, étudions la configuration correspondant seulement à deux tourbillons, que nous supposerons ici permanents; dans l'exposé détaillé, on trouvera les calculs concernant les quatre tourbillons.

En désignant par

$$t_1 = re^{i\lambda} \qquad (0 < \lambda < \pi)$$

l'affixe correspondant au premier de ces tourbillons $z_1$, dans le plan $t$, et par $g$ leur intensité commune, on démontre facilement que, en dehors des tourbillons eux-mêmes, le potentiel et la fonction de courant sont fournis par l'équation

$$f = \varphi + i\psi = \frac{g}{2i\pi}\log\frac{\sigma\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda - \log r)\,|\,\omega_1\omega_3\right]\sigma_1\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda - \log r)\right]}{\sigma\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda + \log r)\right]\sigma_1\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(\log t - i\lambda + \log r)\right]} + Ai\log t,$$

où A désigne une constante réelle.

Pour que la solution convienne, il faut que la vitesse du liquide aux extrémités de la lame soit finie et même nulle; en posant

$$\alpha = \frac{\omega_1}{\pi}\lambda, \qquad \beta = -\frac{\omega_1}{\pi}\log r,$$

cela se traduit par les équations

$$\zeta_3(\alpha - i\beta) - \zeta_3(\alpha + i\beta) + \zeta_2(\alpha - i\beta) - \zeta_2(\alpha + i\beta) - \frac{2\pi^2 A i}{g\omega_1} = 0,$$
$$p(\alpha + i\beta - \omega_3) - p(\alpha - i\beta + \omega_3) + p(\alpha + i\beta - \omega_2) - p(\alpha - i\beta + \omega_2) = 0.$$

La forme même de ces équations engage à opérer une transformation de Landen; on est ainsi conduit aux relations

$$\alpha = \frac{\omega_1}{2};$$
$$Ai = \frac{g\omega_1}{\pi^2}\left[-\zeta_2\left(i\beta\,\middle|\,\frac{\omega_1}{2}\,\omega_3\right) + e_1 i\beta\right].$$

Les tourbillons devant être permanents, nous aurons à écrire que

$$\lim\left[\frac{df}{dz} - \frac{g}{2i\pi(z - z_1)}\right]_{z=z_1} = 0.$$

Après de nombreuses transformations dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, on est conduit à la condition

$$2\zeta\left(2i\beta\,\middle|\,\frac{\omega_1}{2},\,\omega_3\right) - 4\zeta_2\left(i\beta\,\middle|\,\frac{\omega_1}{2},\,\omega_3\right) + i\,\mathrm{dn}(i\beta\,|\,K,\,iK') - k^2\frac{\mathrm{sn}(i\beta)\,\mathrm{cn}(i\beta)}{\mathrm{dn}(i\beta)} = 0,$$

qui assure la fixité des deux tourbillons. De là on tire, pour $\beta$, une valeur comprise entre o et $-i\omega_3$ et, par suite, une valeur de $r$ convenable entre $q$ et 1.

Toutes les particularités du mouvement sont alors déterminées, et se déduisent de ce qui précède. Le couple résultant, M, des pressions exercées par le liquide sur une hauteur de la lame égale à l'unité, se trouve être égal à

$$M = -\frac{\rho g^2}{4\pi^2 k'}\int_0^{2K}\left[\zeta_2\left(\mu + i\beta \,\middle|\, \frac{\omega_1}{2}, \omega_3\right) - \zeta_2\left(\mu - i\beta \,\middle|\, \frac{\omega_1}{2}, \omega_3\right) - 2\zeta_2(i\beta)\right]^2 \frac{\operatorname{cn}(\mu \mid K, iK')}{\operatorname{sn}(\mu \mid K, iK')}\,d\mu$$

On constate que cette expression est nulle, ce qui généralise un beau théorème de M. U. Cisotti (1). Malgré cette circonstance, l'intérêt du calcul reste notable, car il permet d'aborder le problème du mouvement non permanent en utilisant un procédé analogue à celui que j'ai indiqué dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, mars 1920) pour un problème plus simple.

Le cas où le mouvement du liquide est obtenu par la rotation uniforme de la lame AA′ peut se traiter par des procédés semblables à ceux de la présente Note, mais plus compliqués sur certains points.

## CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fabrication des oxydes d'éthyle et de méthyle.* Note de M. J.-B. Senderens.

I. Dans une précédente Communication (2), j'ai montré comment avec l'acide sulfurique étendu d'eau *jusqu'à une certaine limite* on arrivait à préparer les oxydes d'éthyle, de propyle, d'isopropyle, de butyle, d'isobutyle et d'isoamyle. Cette limite se retrouve dans la préparation de l'oxyde de méthyle. A 130°, l'alcool méthylique ($100^{cm^3}$) donne par minute :

| | Oxyde de méthyle. |
|---|---|
| Avec $SO^4H^2 + 2H^2O$ | $300^{cm^3}$. |
| » $SO^4H^2 + 3H^2O$ | 120 |
| » $SO^4H^2 + 4H^2O$ | 24 |

Par où l'on voit que pour le méthanol comme pour l'éthanol (*loc. cit.*), l'activité de l'acide sulfurique paraît limitée à ce dernier hydrate.

---

(1) *Atti del R. Ist. Veneto*, t. 69, 1909-1910, p. 423.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 813.

II. Avant que je n'eusse indiqué la préparation catalytique de l'oxyde de méthyle par voie sèche [1], on s'adressait, pour l'obtenir, au mélange diversement constitué selon les auteurs, de méthanol et d'acide sulfurique concentré [2]. Il m'a paru que les meilleures proportions étaient celles de volumes égaux. Ce mélange, une fois porté à l'ébullition, fournit, si l'on y renouvelle le méthanol, une production continue d'oxyde de méthyle, par un mécanisme semblable à celui de l'oxyde d'éthyle et dans les mêmes conditions que nous allons examiner.

III. Considérons le cas de l'oxyde d'éthyle. Sa formation s'écrit depuis Williamson :

$$(a) \qquad C^2H^5OH + SO^4H^2 = SO^4HC^2H^5 + H^2O,$$

$$(b) \qquad SO^4HC^2H^5 + C^2H^5OH = C^2H^5OC^2H^5 + SO^4H^2.$$

En réalité, ce n'est pas $SO^4H^2$ qui est mis en liberté, mais $SO^4H^2 + H^2O$, lequel par une nouvelle déshydratation de l'alcool donnera $SO^4H^2 + 2H^2O$ et ainsi de suite, à moins qu'aux températures où se fait l'éthérification ces hydrates ne se détruisent au fur et à mesure de leur formation.

Afin d'élucider cette question, j'ai soumis à l'action de la chaleur l'hydrate $SO^4H^2 + 6H^2O$ constitué comme il suit :

| | |
|---|---|
| $SO^4H^2$ (100 pour 100) | 212$^g$ |
| $6H^2O$ | 234 |

d'où

| | |
|---|---|
| $H^2O$ | 39 (soit 39$^{cm^3}$) |

Le ballon renfermant l'hydrate communiquait par un réfrigérant descendant avec une éprouvette graduée qui permettait d'évaluer à chaque instant le volume d'eau recueillie et de déterminer par conséquent dans quels intervalles de températures marquées par un thermomètre plongé dans le liquide, l'hydrate sulfurique perdait ses molécules d'eau.

L'ébullition a commencé à 121° et l'on a eu comme eau recueillie :

| | |
|---|---|
| 121°-125° | 26$^{cm^3}$ |
| 125°-127° | 13$^{cm^3}$ |

(1) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 228 et 928; *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, avril 1912.

(2) Cf. Dumas et Péligot, *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, t. 58. — Erlenmeyer et Kriegbaumer, *D. ch. G.*, t. 26, p. 2829. — Krafft avait étendu à l'oxyde de méthyle son procédé par les acides sulfoniques.

Soit $39^{cm^3}$ ou une molécule d'eau et l'hydrate devient $SO^4H^2 + 5H^2O$ :

| | |
|---|---|
| 127°-131° | $19^{cm^3},5$ |
| 131°-135° | $19^{cm^3},5$ |

Encore $39^{cm^3}$ ou une deuxième molécule d'eau, l'hydrate devenant $SO^4H^2 + 4H^2O$ :

| | cm³ |
|---|---|
| 135°-140°,5 | 18,5 |
| 140°,5-145° | 13,5 |
| 145°-148° | 5 |

C'est la troisième molécule d'eau et l'hydrate devient $SO^4H^2 + 3H^2O$ :

| | cm³ |
|---|---|
| 148°-155° | 14 |
| 155°-162° | 12 |
| 162°-170° | 13 |

Avec la perte de cette quatrième molécule d'eau on arrive à

$$SO^4H^2 + 2H^2O.$$

Ces nombres s'accordent assez avec ceux de Lunge ([1]).

La présence de l'alcool les modifie. C'est ainsi qu'en ajoutant $100^{cm^3}$ d'alcool à 95° aux quantités ci-dessus de $SO^4H^2 + 6H^2O$ et en renouvelant l'alcool par un écoulement convenable, j'ai constaté que cet hydrate devenait :

| | |
|---|---|
| De 110° à 121° | $SO^4H^2 + 5H^2O$ |
| De 121° à 130° | $SO^4H^2 + 4H^2O$ |
| De 130° à 145° | $SO^4H^2 + 3H^2O$ |
| De 145° à 162° | $SO^4H^2 + 2H^2O$ |

IV. On conclut de ce qui précède que si, dans la fabrication de l'éther on voulait éliminer complètement l'eau de la réaction et régénérer l'acide à 66° B., il faudrait opérer à des températures très élevées. Or, déjà à 145°, l'éthylène tend à remplacer l'éther selon la réaction connue :

$$C^2H^5OH = C^2H^4 + H^2O.$$

J'ai même remarqué qu'à 140°, lorsque l'opération se prolonge, l'éthylène n'est pas en quantité négligeable, les impuretés qui s'accumulent dans le liquide servant peut-être de catalyseur déshydratant à la façon du sable,

([1]) Cf. HALLER et GIRARD, *Memento du Chimiste*, p. 122.

du sulfate d'alumine, etc. (¹). La production d'éthylène est nulle à 130°, température adoptée dans beaucoup de firmes pour la fabrication de l'éther.

L'hydrate stable à 130° est $SO^4H^2 + 4H^2O$ dont le pouvoir éthérificateur est faible, ainsi qu'on l'a vu. De là vient que le degré de l'éther, très élevé au commencement de l'opération, va s'affaiblissant à mesure que par l'absorption de l'eau de la réaction, l'acide à 66° B. s'achemine vers

$$SO^4H^2 + 4H^2O.$$

Une fois atteint, cet hydrate se maintient, l'eau s'éliminant désormais dès qu'elle se produit et le degré de l'éther prend une valeur qui restera à peu près constante jusqu'à la fin de l'opération.

A 136°-138°, la production d'éthylène est assez faible, tandis que, par le fait de l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ qui, à cette température, est, partiellement du moins, l'agent éthérificateur et un agent plus actif que $SO^4H^2 + 4H^2O$, la proportion d'éther dans le distillat s'est montrée notablement supérieure à celle que j'obtenais à 130°.

V. Il était facile de prévoir que si, au lieu d'alcool pur, on faisait couler de l'alcool additionné d'acide sulfurique à 66° B., l'éthérification serait favorisée par l'apport continu de cet acide moins hydraté que celui de la liqueur. C'est en effet ce qui se passe avec l'alcool à 95° auquel on ajoute 10 pour 100 d'acide sulfurique à 66° B.

Au contraire, l'addition de l'acide à 54° B. n'a guère modifié l'éthérification, comme on pouvait s'y attendre en raison de sa teneur en eau, 31,5 pour 100, soit $2^{mol},5$. Il n'est donc pas indifférent de dénaturer l'alcool avec 10 pour 100 d'acide sulfurique à 66° B. ou avec 20 pour 100 d'acide à 54° B.

On conçoit également que l'éthérification marche mieux avec l'alcool à 95° qu'avec l'alcool à 85° et qu'elle trouve un obstacle dans l'emploi des résidus d'éther qui sont saturés d'eau indépendamment des impuretés qu'ils renferment, impuretés qui peuvent servir de catalyseurs producteurs d'éthylène.

VI. La fabrication continue de l'oxyde de méthyle ne se heurte pas à la difficulté de voir se produire à haute température le carbure correspondant puisque ce carbure n'existe pas. Il semblait dès lors qu'il y aurait avantage à se tenir au voisinage de 160° où $SO^4H^2 + 3H^2O$ serait remplacé par

---

(¹) Cf. J.-B. Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, t. 25, avril 1912.

l'hydrate beaucoup plus actif, $SO^4H^2 + 2H^2O$. En effet, vers 160°-165°, l'éthérification continue de $100^{cm^3}$ d'alcool méthylique par ce dernier hydrate, avec écoulement ultérieur de méthanol, s'est poursuivie sans fléchissement en donnant $250^{cm^3}$ à $300^{cm^3}$ d'oxyde de méthyle à la minute (voir n° I). C'est là un mode de préparation de l'éther méthylique aussi facile qu'avantageux pour les laboratoires, mais qui, dans la grande industrie, ne saurait se substituer au procédé de fabrication catalytique par voie sèche, tel que je l'ai indiqué.

M. **Costantin** présente un Ouvrage de M. **Blaringhem**, *Pasteur et le Transformisme*, dont il a écrit la *Préface*.

Ce titre est susceptible de surprendre, car Pasteur ne s'est jamais occupé du transformisme et il a pu, à certaines heures, envisager cette doctrine avec défiance. Cependant ses grandes découvertes sur la vaccination, sur les variations de la virulence fournissent des documents de premier ordre pour la théorie évolutionniste.

M. Blaringhem montre que la vie des cristaux intéresse grandement le naturaliste par leur polymorphisme, leurs dissymétries, leurs cicatrisations, leurs régénérations. Il insiste sur les hybrides et les germes cristallins; selon lui, les sels maintenus en état de sursaturation se comportent comme les éléments femelles dans l'attente du germe (anthérozoïde, grain de pollen) nécessaire pour former l'œuf et déclancher son développement en embryon.

L'Ouvrage intéressant de M. Blaringhem contribuera à attirer l'attention sur des aspects insuffisamment connus de l'œuvre immense de Pasteur; il servira peut-être à orienter les sciences biologiques sur des voies nouvelles et fécondes.

## PRÉSENTATIONS.

Pour la chaire de *Physiologie des sensations* du Collège de France, M. *H. Piéron* est désigné en première ligne par 42 suffrages contre 1 bulletin blanc.

M. *I. Meyerson* est désigné en seconde ligne par 28 suffrages contre 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

*En première ligne*. . . . . . . . . . M. **Henri Piéron**
*En seconde ligne*. . . . . . . . . . M. **Ignace Meyerson**

## CORRESPONDANCE.

Sir **Robert Hadfield**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remerciements à l'Académie.

M. le **Ministre de France en Équateur** fait connaître qu'une des rues de Guayaquil a reçu le nom de *La Condamine* en mémoire du savant français qui fut l'hôte de l'Équateur, et qui a puissamment contribué à l'étude et à la connaissance de ce pays en Europe.

M. l'Amiral **Darrieus** communique à l'Académie les conditions des concours ouverts par l'*Académie de marine*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Courbes de Bertrand et déformation des quadriques*. Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. Dans le numéro précédent des *Comptes rendus*, j'ai indiqué les quatre courbes à torsion constante et les quatre courbes minima qui dérivent, par des calculs algébriques et des dérivations, d'une courbe de Bertrand connue. M. Cartan a montré que la relation linéaire $\frac{a}{R} + \frac{b}{T} = c$ entre la courbure et la torsion d'une courbe gauche donne un système différentiel de classe o si $c = 0$ (hélices); 2 si $a = 0$ (torsion constante); 3 si $ac \neq 0$ (courbes de Bertrand ou accidentellement courbes à courbure constante); il a montré que, pour la seule classe o, on peut exprimer les coordonnées d'un point de la courbe explicitement au moyen d'un paramètre $t$, d'une fonction arbitraire $f(t)$ et des dérivées de $f(t)$ jusqu'à un ordre fini et que, dans certains

(¹) Séance du 25 juin 1923.

cas, la solution d'un système différentiel de classe $h$ peut s'exprimer explicitement au moyen de la solution d'un système de classe plus élevée. C'est précisément ce qui se passe ici pour l'ensemble des courbes à torsion constante et celui des courbes de Bertrand et la configuration géométrique en question donne le résultat.

2. M. Bianchi a attiré l'attention sur les *couples de Thybaut :* surfaces minima focales d'une congruence W, les lignes de longueur nulle et de courbure se correspondant en même temps que les asymptotiques. Or une courbe $(T_1)$ de rayon de torsion constant $\tau_1$ donne deux courbes minima dérivées $(M)$, $(M_1)$; une autre courbe $(T'_1)$ de même torsion constante donne de même $(M_2)$, $(M_3)$; j'ai montré [1] que les surfaces minima $(M_1 M_3)$, $(MM_2)$ lieu des milieux des cordes s'appuyant respectivement sur $(M_1)$ et $(M_3)$ ou sur $(M)$ et $(M_2)$ forment le couple de Thybaut le plus général; $(MM_3)$ et $(M_1 M_2)$ est donc un second couple de Thybaut connu en même temps que le premier. *Supposons de plus que* $(T_1)$ *et* $(T'_1)$ *soient transformées asymptotiques l'une de l'autre :* on peut choisir le nom des courbes minima de façon que $(M)$ et $(M_2)$ soient transformées asymptotiques, ainsi que $(M_1)$ et $(M_3)$, mais non $(M)$, $(M_3)$ ni $(M_1)$ $(M_2)$; la figure de ma dernière Note se trouve reconstituée, et nous avons *trois couples de Thybaut, chacun très particulier en soi et faisant connaître immédiatement les deux autres.* On a $(MM_1)$, $(M_2 M_3)$, puis $(MM_2)$, $(M_1 M_3)$, puis $(M_1 M_2)$, $(MM_3)$; chaque surface minima admet une asymptotique particulière $(T_1)$, $(T'_1)$, $(T_2)$, $(T'_2)$, $(B)$, $(B_1)$ qui est à torsion constante, ou courbe de Bertrand, et c'est en cela que consiste la particularité. Les surfaces minima adjointes sont circonscrites à une sphère, ou coupent une sphère sous un angle constant. La courbe $(B)$ fournit la surface minima $(M_1 M_2)$ : chercher toutes les surfaces minima formant avec $(M_1 M_2)$ un couple de Thybaut revient à trouver les $\infty^2$ transformées de $(B)$ sous un angle constant arbitraire : $(\beta)$ étant l'une d'elles et $(\beta_1)$ la courbe associée, on associe à $(M_1 M_2)$ déduite de $(B)$ la surface analogue déduite de $(\beta_1)$. Il est facile de donner la propriété correspondante pour une courbe à torsion constante.

Si $(B)$ est réelle, $(B_1)$ aussi; $(T_1)$ et $(T'_1)$ sont imaginaires conjuguées, $(T_2)$ et $(T'_2)$ aussi; le couple $(M_1 M_2)$, $(MM_3)$ est réel, tandis que les deux autres couples de Thybaut comprennent chacun deux surfaces conjuguées l'une de l'autre.

---

(1) *Bulletin de la Société mathématique de France,* 1922; *Annales de l'École Normale,* 1922.

Si $(T_1)$ et $(T'_1)$ sont réelles, $(B)$ et $(B_1)$ sont imaginaires conjuguées, et $(T_2)$, $(T'_2)$ aussi; le couple $(MM_1)$, $(M_2M_3)$ est réel, les deux autres sont imaginaires.

3. Soient $(M_1)$, $(M_2)$, ... diverses transformées asymptotiques d'une même courbe minima $(M)$ avec le même module $\tau$. Les divers points $M_1$, $M_2$, ... homologues de $M$ sont sur une même parallèle à la tangente en $M$; le milieu $\mu$ de $M_1M_2$ décrit une *courbe de Bertrand singulière*, satisfaisant à la relation

$$\frac{1}{R} \pm \frac{i}{T} = c,$$

où $c$ est une constante non nulle. La courbe associée à $(\mu)$ se réduit à la courbe minima $(M)$ de départ. Les milieux $T_1$ et $T_2$ de $MM_1$ et $MM_2$ décrivent deux courbes de même rayon de torsion constant $\tau$ : ces courbes $(T_1)$, $(T_2)$ sont transformées asymptotiques l'une de l'autre, *avec cette particularité que la droite* $T_1T_2$ *est isotrope*. De toute courbe $(T_1)$ à torsion constante déjà connue, on déduit par deux quadratures seulement, et non plus une équation de Riccati, deux séries de transformées asymptotiques de cette espèce, en considérant les deux droites isotropes issues de $T_1$ dans le plan osculateur. Donc de toute surface réelle applicable sur le paraboloïde de révolution on déduit par ce procédé $\infty^1$ surfaces réelles de même espèce, par deux quadratures seulement. On remarquera que si $(T_1)$ est réelle, on peut déduire ainsi de $(T_1)$ deux courbes $(T_2)$ et $(T'_2)$ imaginaires conjuguées, mais la composition ne réussit pas, le parallélogramme gauche $T_1T_2T'_2$ se repliant de façon que le dernier sommet retombe en $T_1$.

4. Considérant de même la figure de la précédente Note, la courbe $(M)$, ses transformées $(M_1)$, $(M_2)$, $(M')$ suivant les modules $\tau_1$, $\tau_2$, $\tau_3$ et les courbes $(M_3)$, $(M'_1)$, $(M'_2)$, $(M'_3)$ obtenues par fermeture de parallélogrammes gauches, si l'on suppose que $\tau_3$ vienne se confondre avec $\tau_1$, il y a repli de la figure, $M'_1$ se confondant avec $M$, et $M'_3$ avec $M_2$, dans ces conditions $B$ milieu de $M_1M_2$ et $\beta$ milieu de $M'M_2$ décrivent deux courbes de Bertrand transformées l'une de l'autre au sens géométrique déjà employé : la droite $B\beta$ est l'intersection des plans osculateurs en $B_1$ et $\beta_1$ aux courbes associées. De $B$ dans le plan osculateur à $(B_1)$ passent deux droites isotropes, de même de $B_1$ dans le plan osculateur à $(B)$ passent deux droites isotropes : on obtient, par deux quadratures, et non plus une équation de Riccati, 4 séries $\infty^1$ de telles transformées de $(B)$ en plaçant $\beta$ sur l'une des droites isotropes issues de $B$ et $\beta_1$ sur l'une des droites isotropes issues de $B_1$. D'une courbe réelle $(B)$ on peut déduire ainsi une transformée $(\beta)$,

puis une autre transformée $(\overline{\beta})$ imaginaire conjuguée de $(\beta)$; malheureusement la composition des deux transformations ne conduit à rien, parce que le parallélogramme gauche $B\beta\overline{\beta}$ se referme encore en B. Il n'empêche que ces transformations particulières, qui semblent avoir échappé aux recherches antérieures, offrent une grande importance, même au point de vue réel, dans la théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques où MM. Guichard et Bianchi ont obtenu de si beaux résultats et où M. Bianchi a montré le rôle fondamental des courbes de Bertrand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des équations algébriques par une somme de fonctions hypergéométriques.* Note [1] de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. Goursat.

Dans des Notes précédentes [2] j'ai démontré qu'on peut exprimer les racines d'une équation algébrique par une somme de fonctions hypergéométriques. Pour fixer les idées, considérons l'équation trinome

$$z^n = gz + \beta. \tag{1}$$

D'après la théorie des fonctions implicites, il existe dans certaines conditions des développements des racines suivant les puissances des coefficients de l'équation algébrique considérée. Ainsi, dans le cas d'une équation trinome, on a, pour des valeurs convenables des coefficients, des développements de la forme

$$z = \Sigma A_k \beta^k \quad \text{ou} \quad z = \Sigma B_k g^k, \tag{2}$$

où les A dépendent de $g$ et les B de $\beta$. Or ces développements en série (2) ne constituent pas le point essentiel de mes recherches, qui ont pour but principal de démontrer qu'*en introduisant la nouvelle variable*

$$\zeta = \frac{n^n}{(1-n)^{n-1}} \frac{\beta^{n-1}}{g^n}, \tag{3}$$

*on peut présenter la série comme une somme de $n-1$ fonctions hypergéométriques supérieures*

$$F\begin{pmatrix} a_1, & a_2, & \ldots, & a_{n-2}, & a_{n-1} \\ b_1, & b_2, & \ldots. & b_{n-2}, & \zeta \end{pmatrix},$$

---

[1] Séance du 25 juin 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 778, 1047 et 1370; t. 172, 1921, p. 1155.

*où les a et b sont des nombres rationnels.* A l'aide de ce résultat j'ai pu trouver la loi de permutation des racines de l'équation trinome autour des points critiques. Dans le cas de l'équation algébrique générale, la série se présente, comme je l'ai fait voir, sous la forme d'une somme analogue de fonctions hypergéométriques de *plusieurs variables.*

La définition d'une fonction hypergéométrique employée par moi, repose sur des idées de Thomae ([1]) et de Goursat ([2]). Évidemment on peut se servir d'autres définitions. Ainsi M. Mellin, dans une Note intéressante ([3]), où il fait voir que les équations algébriques peuvent être résolues par moyen de certaines intégrales, appelle fonction hypergéométrique, la fonction de $g$ représentée par la série (2) où l'on fait $\beta = 1$. Le rapport de deux coefficients consécutifs dans cette série n'est pas une fonction rationnelle du rang de l'un d'eux. Dans le travail de M. Mellin, il ne s'agit donc pas d'une division en une somme des fonctions hypergéométriques de $\zeta$, dont j'ai démontré la possibilité.

Prenons des exemples. Pour l'équation du troisième degré $z^3 = gz + \beta$ l'application de ma méthode donne pour les racines les sommes suivantes des fonctions hypergéométriques gaussiennes de $\zeta = \frac{27}{4}\frac{\beta^2}{g^3}$ :

$$z_i = \sqrt{g}\left[(-1)^{3i}\mathrm{F}\left(-\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{2}, \zeta\right) + \frac{1}{3}\sqrt{\frac{\zeta}{3}}\,\mathrm{F}\left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{2}, \zeta\right)\right];$$

$$z_3 = -\frac{2}{3}\sqrt{\frac{g\zeta}{3}}\,\mathrm{F}\left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{2}, \zeta\right)$$

$(i = 1, 2)$ si $|\zeta| < 1$ et des expressions analogues si $|\zeta| > 1$. Pour l'équation $z^4 = gz + \beta$ nous avons en désignant par $\nu$ une racine primitive de $\nu^4 = 1$ et par $\zeta$ l'expression $-\frac{4^4}{3^3}\frac{\beta^3}{g^4}$ et en supposant $|\zeta| < 1$ :

$$z_i = g^{\frac{1}{3}}\left[\nu^{4i}\mathrm{F}_0(\zeta) - \frac{1}{4}\left(\frac{\zeta}{4}\right)^{\frac{1}{3}}\nu^{3i}\mathrm{F}_1(\zeta) - \frac{1}{8}\left(\frac{\zeta}{4}\right)^{\frac{2}{3}}\nu^{2i}\mathrm{F}_2(\zeta)\right]; \qquad z_4 = \frac{3}{4}\left(\frac{g\zeta}{4}\right)^{\frac{1}{3}}\mathrm{F}_1(\zeta)$$

$(i = 1, 2, 3)$. Ici, on peut exprimer $\mathrm{F}_0$, $\mathrm{F}_1$, $\mathrm{F}_2$ par les fonctions hypergéométriques de Gauss, car nous avons ([4]) (si $\zeta < 1$ nous avons des résultats

---

([1]) *Mathematische Annalen*, Bd 2, 1870, p. 427.

([2]) *Annales de l'École Normale supérieure*, 2e série, t. 12, 1883, p. 261 et 395.

([3]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 658.

([4]) Voir E. Goursat, *loc. cit.*, p. 284.

analogues)

$$F_0(\zeta) = F\begin{pmatrix} -\frac{1}{12}, & \frac{2}{12}, & \frac{5}{12} \\ \frac{1}{3}, & \frac{2}{3}, & \zeta \end{pmatrix} = F^2\left(-\frac{1}{24}, \frac{5}{24}, \frac{2}{3}, \zeta\right),$$

$$F_1(\zeta) = F\begin{pmatrix} \frac{7}{12}, & \frac{10}{12}, & \frac{13}{12} \\ \frac{4}{3}, & \frac{5}{3}, & \zeta \end{pmatrix} = F^2\left(\frac{7}{24}, \frac{13}{24}, \frac{4}{3}, \zeta\right),$$

$$F_2(\zeta) = F\begin{pmatrix} \frac{3}{12}, & \frac{6}{12}, & \frac{9}{12} \\ \frac{2}{3}, & \frac{4}{3}, & \zeta \end{pmatrix} = F\left(-\frac{1}{24}, \frac{5}{24}, \frac{2}{3}, \zeta\right) F\left(\frac{7}{24}, \frac{13}{24}, \frac{4}{3}, \zeta\right).$$

Les mêmes racines, d'après la définition adoptée par M. Mellin, deviennent des fonctions hypergéométriques de $g$, quand on fait $\beta = 1$. Mes recherches et celles de M. Mellin appartiennent donc à des domaines tout à fait différents.

Dans un Mémoire récent ([1]), M. G. Belardinelle a traité quelques développements en série pour les racines d'une équation algébrique suivant des puissances des coefficients élaborés par M. A. Capelli ([2]) et complétés par M. Belardinelle ([3]). Il semble que M. Belardinelle est d'opinion que mes résultats soient contenus dans ceux de M. Capelli et les siens. Or je n'ai pas présenté à l'Académie des Notes pour appeler l'attention sur les séries ci-dessus telles que (2) qui existent nécessairement d'après la théorie des fonctions implicites, mais pour faire voir, ce qui constitue pour moi le fait essentiel, que lesdites séries, après l'introduction de certaines nouvelles variables convenablement choisies, peuvent être présentées, de la manière indiquée, sous la forme d'une somme de fonctions hypergéométriques. Et je n'ai pas trouvé dans les Mémoires cités de M. Belardinelle aucune trace à des idées de cet ordre.

---

([1]) *Rendicondi del Circolo Mathematico di Palermo*, t. 46, 1922, p. 463.

([2]) *Rendicondi della R. Accademia della Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli*, série 3$^a$, vol. 13, 1907, p. 192, 289, 342.

([3]) *Annali di Matematica pura ed applicata*, série 3$^a$, t. 29, 1920, p. 251.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains états particuliers d'une masse gazeuse, conformes à la loi de Maxwell.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

Lorsqu'un gaz obéit à la loi de Maxwell, il est ordinairement admis qu'il doit être au repos, à température constante et uniforme, et, dans un champ de forces dérivant d'un potentiel V, lié à la densité par la formule bien connue

$$\rho = e^{-2hmV}.$$

Il existe, néanmoins, d'autres états compatibles avec la loi de Maxwell et, par conséquent, ne donnant lieu à aucune viscosité ni à aucune propagation de chaleur. Ces états ont été étudiés par Boltzmann [1], d'une manière compliquée et qui n'aboutit à aucune interprétation générale des résultats. C'est pourquoi je demande la permission de revenir sur cette question, qui peut être résolue avec simplicité.

On trouve d'abord que la température T ne peut dépendre que de $t$. Posons

$$k = -\frac{1}{2}\frac{d\log T}{dt}. \tag{1}$$

Les composantes $(a, b, c)$ de la vitesse macroscopique doivent maintenant satisfaire à certaines équations aux dérivées partielles, qui équivalent au système

$$da = k\,dx + q\,dz - r\,dy, \qquad db = k\,dy + r\,dx - p\,dz, \qquad dc = k\,dz + p\,dy - q\,dx.$$

En décrivant les conditions d'intégrabilité, on voit que $p$, $q$, $r$ doivent être fonctions de $t$ seulement et l'on a

$$a = kx + \xi + qz - ry, \qquad b = ky + \eta + rx - pz, \qquad c = kz + \zeta + py - qx;$$

$\xi$, $\eta$, $\zeta$ désignant de nouvelles fonctions arbitraires du temps.

Ces formules peuvent être simplifiées par un *choix convenable du trièdre de référence*. Faisons d'abord pivoter les axes autour de l'origine, de manière que les anciens axes aient pour rotations $p$, $q$, $r$ par rapport aux nouveaux. La nouvelle vitesse a pour nouvelles composantes des expressions de la

---

[1] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, 1876, p. 531 à 552.

forme

$$a = kx + \alpha, \qquad b = ky + \beta, \qquad c = kz + \gamma,$$

$\alpha$, $\beta$, $\gamma$ désignant de nouvelles fonctions de $t$.

Si l'on transporte l'origine au point O, dont les coordonnées $x_0$, $y_0$, $z_0$ satisfont aux équations différentielles

$$\frac{dx_0}{dt} = kx_0 + \alpha, \qquad \frac{dy_0}{dt} = ky_0 + \beta, \qquad \frac{dz_0}{dt} = kz_0 + \gamma,$$

on a enfin

$$a = kx, \qquad b = ky, \qquad c = kz.$$

En portant ces formules dans les autres équations imposées par la loi de Maxwell, on obtient

(2) $$\mathrm{V} = -\frac{\log\rho}{2hm} - \frac{k' + k^2}{2}\overline{\mathrm{OP}}^2,$$

$$\frac{\partial \log\rho}{\partial t} + k\left(x\frac{\partial \log\rho}{\partial x} + y\frac{\partial \log\rho}{\partial y} + z\frac{\partial \log\rho}{\partial z}\right) + 3k = 0.$$

Cette dernière équation, qui équivaut à l'équation de continuité, a pour intégrale générale

(3) $$\rho = \mathrm{T}^{\frac{3}{2}}\varphi(x\sqrt{\mathrm{T}}, y\sqrt{\mathrm{T}}, z\sqrt{\mathrm{T}}),$$

$\varphi$ désignant une fonction arbitraire de trois variables.

Finalement, *l'état le plus général d'un gaz obéissant à la loi de Maxwell peut, à un déplacement global arbitraire près, être défini comme il suit :*

1° *La température est uniforme, mais peut varier arbitrairement en fonction du temps.*

2° *La vitesse macroscopique en* P *est* $k.\overrightarrow{\mathrm{OP}}$, O *étant un point fixe et* $k$ *étant défini par la formule* (1).

3° *La densité est distribuée suivant la formule* (3) *et le champ de forces par unité de masse dérive alors du potentiel* (2).

Si la température est constante, le gaz est au repos et réciproquement. Si la température croît, les filets gazeux convergent vers l'origine, le mouvement sur O$x$, par exemple, se faisant suivant la loi

$$x\sqrt{\mathrm{T}} = \text{const.}$$

Un tel mouvement ne pourrait évidemment être réalisé qu'en déformant la paroi du récipient contenant le gaz, suivant une homothétie de centre O et dont le rapport varierait en raison inverse de $\sqrt{\mathrm{T}}$. Il faudrait, en outre,

fournir ou enlever de la chaleur, de manière que la température varie suivant la loi qu'on se serait imposée, tout en restant uniformément répartie.

Mon incompétence expérimentale ne me permet pas d'apprécier l'intérêt pratique que peuvent présenter de semblables considérations, en vue d'une vérification éventuelle de la théorie cinétique des gaz.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les arborescences dessinées par l'effluve positif.* Note de M. A. **Lafay**, présentée par M. Hamy.

Lorsqu'on projette un mélange de soufre et de minium sur une lame isolante, fortement électrisée par un effluve positif, on voit apparaître des arborescences dessinées par un dépôt de soufre beaucoup plus dense que celui dont est formé le fond jaune, à peu près uniforme, sur lequel elles se détachent.

L'application des méthodes indiquées dans mes Notes des 4 et 11 juillet 1921 [1] permet d'établir que le mode de transport des charges, qui produisent ces ramifications caractéristiques, diffère de celui des particules qui constituent le reste de l'effluve. On sait que ces dernières se comportent comme des ions positifs, alourdis par un cortège de molécules.

I. Quelle que soit l'intensité des décharges projetées par une pointe vers le petit trou qui sert à délimiter un effluve élémentaire, on n'obtient qu'un filet gazeux de particules électrisées, tant que le champ, créé au delà du trou, n'atteint pas 5000 volts/cm environ. Le développement d'une plaque de résine, interposée sur le trajet de l'effluve, donne alors une simple tache jaune qui marque le point d'impact des particules; mais, dès que le champ dépasse la limite qui vient d'être indiquée, cette tache est accompagnée par de petits agrégats, en forme d'étoile ou de bâtonnet, irrégulièrement distribués dans son voisinage.

Pour des décharges assez faibles, les étoiles ne se produisent plus et quelques bâtonnets très courts, sorte d'*arborescences élémentaires*, subsistent seuls autour d'une tache d'autant plus grande que l'accroissement de potentiel de la pointe a été plus lent.

Dans un champ, même très intense, on cesse d'obtenir des bâtonnets dès qu'on n'électrise pas la pointe avec une suffisante brusquerie, car, pour qu'elle commence à projeter les jets électriques correspondant aux agré-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 32 et 75.

gats, il est nécessaire que son potentiel soit notablement supérieur à celui qui suffit aux effluves ordinaires.

Il est d'ailleurs facile d'obtenir des taches assez faibles pour qu'elles n'aient aucune influence appréciable sur le champ; dès lors, loin d'être un inconvénient, elles présentent, au contraire, l'avantage d'indiquer sur la plaque le point où aboutit la ligne de force menée par le trou qui sert d'origine à l'effluve élémentaire.

Les agrégats se distribuent irrégulièrement autour de la tache et dans un rayon d'autant plus étendu qu'ils sont plus nombreux. En employant des champs voisins de 5000 volts/cm et en communiquant à la pointe des charges aussi petites que possible, on peut, sur un assez grand nombre de clichés, en obtenir quelques-uns où il n'y ait qu'un seul bâtonnet; dans ce cas, les écarts de la tache et du bâtonnet sont très faibles, mais il est exceptionnel qu'il y ait coïncidence.

II. L'application, au cas actuel, de ma première méthode de mesure directe de la vitesse des éléments constitutifs de l'effluve, montre qu'un vent, capable de dévier la tache de plusieurs centimètres, reste sans action sur les agrégats. En tenant compte de la légère imprécision du point d'impact marqué par ces derniers, j'ai déduit de mes observations que la mobilité des noyaux électrisés correspondants est au moins 30 fois plus grande que celle ($1,59\ cm^2/sec \times volt$) des particules positives. Mes essais, dans cette voie, ont été limités par le fait que le plus grand vent dont je puisse disposer a une vitesse de 40 m/sec.

Au voisinage du champ limite, il arrive que des jets ne peuvent franchir le parcours de 7 à $8^{cm}$, qui leur est imposé à travers le vent, et se résolvent en effluve ordinaire avant d'atteindre la résine. L'agrégat correspondant est alors remplacé par une petite nébulosité dont la déviation, comparée à celle de la tache, permet de situer l'endroit où le jet s'est évanoui. Cette transformation est brusque et s'effectue sur un parcours de $1^{mm}$ à $2^{mm}$, au plus; elle ne ressemble pas à une sorte d'usure progressive étendue à toute la trajectoire, car on ne constate aucune traînée sur la plaque. Ce fait démontre que l'activité du mouvement électrique le long du jet est incompatible avec une production notable de particules de faible mobilité.

III. En raison de leur vitesse, relativement considérable, il était intéressant de soumettre les charges qui forment les agrégats à l'action du magnétisme. Pour cela, j'ai utilisé un dispositif, sur lequel je me propose de revenir plus en détail, qui permet d'obtenir, sur une très grande lon-

gueur, un champ électrique intense et à peu près uniforme, normal aux lignes de force d'un gros électro-aimant dont les pièces polaires ne sont écartées que de 4 à $5^{mm}$.

L'action d'un champ de 6000 gauss sur des jets de $12^{cm}$ de long ne m'ayant pas donné de déplacement appréciable, on peut en conclure que la mobilité correspondante est au plus égale au centuple de celle des particules.

IV. La forme étoilée qu'affectent les agrégats résulte d'un phénomène, localisé sur la surface de la résine, consistant dans la production de décharges glissantes qui tracent des branches plus ou moins nombreuses autour du point d'arrivée du jet. On obtient, en effet, exactement les mêmes images en conduisant de petites charges jusqu'à la plaque à l'aide d'un fil métallique. De plus, si, après avoir réglé un essai de manière à obtenir des agrégats bien caractérisés, on remplace la lame isolante et son support par une toile métallique, le décalque électrique de ce qu'y projette l'effluve se compose de quelques taches, irrégulièrement réparties, dont les bords flous et arrondis ne présentent aucune trace de ramification.

PHYSIQUE. — *Propriétés électriques des gelées.* Note de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Dans une Note récente ([1]), j'ai décrit des expériences montrant, nettement qu'une gelée de gélose ou de gélatine, traversée par un courant électrique, se contracte à l'anode et se gonfle à la cathode.

Les principes de l'énergétique entraînent l'existence d'un autre phénomène, corrélatif du précédent : une gelée soumise à un gradient de pression doit être le siège d'une différence de potentiel ; le sens du champ électrique étant inverse de celui du gradient de pression.

Le mécanisme du phénomène peut encore s'expliquer par une constitution spongieuse des gels, et par l'existence d'une couche électrique double sur les parois des interstices. Une compression en un point chasse le liquide

([1]) *Comptes rendus,* t. 176, 1923, p. 1217. Depuis la publication de cette Note, M. le professeur Doumer, de Lille, m'a signalé qu'en 1914 il avait réalisé une expérience qu'on peut rapprocher des miennes et qui s'explique de la même façon. De la gélatine coulée au fond d'un tube en U, recouverte d'eau et soumise à l'action d'un courant électrique s'hydrate du côté où pénètre le courant, tandis qu'au pôle de sortie on observe un desséchement.

qui entraîne avec lui sa charge positive, laissant derrière lui une charge inverse. La gelée est le siège d'un courant électrique de convection.

J'ai fait des expériences vérificatrices avec les fibres décrites dans ma Note précédente. L'effet est bien dans le sens prévu : une tension produit un courant qui va du liquide vers la fibre, une détente produit un courant inverse [1].

On peut encore couler à chaud une gelée consistante dans un tube de verre, et mettre, après refroidissement, les deux extrémités en contact avec des électrodes impolarisables. Lorsqu'on exerce une pression à l'un des bouts, on constate l'apparition d'une différence de potentiel dont le sens est bien conforme à celui que prévoit la théorie.

2. Ainsi donc toute différence de potentiel produit dans une gelée une différence de pression, et inversement toute différence de pression engendre une différence de potentiel. La théorie énergétique complète, qui sera développée dans un Mémoire plus étendu, montre que le gradient de pression et le gradient de potentiel sont fonction l'un de l'autre. Leur rapport, que je propose d'appeler *coefficient mécano-électrique,* est une donnée caractéristique qui conditionne tout un ensemble de propriétés importantes d'une gelée.

Dans les expériences que j'ai faites avec la gélose, j'ai trouvé que, pour une différence de pression de $10^5$ baryes ($\frac{1}{10}$ d'atmosphère), les différences de potentiel étaient de l'ordre du millivolt.

3. On sait que les parois poreuses et les membranes animales ou végétales présentent généralement une polarisation électrique qui agit grandement sur leurs propriétés d'hémiperméabilité (P. Girard). Cette polarisation a été attribuée jusqu'ici uniquement aux ions adsorbés dissymétriquement par les deux faces du septum. Les expériences qui précèdent font apparaître une autre cause d'électrisation qui est la différence de pression. Un tissu spongieux comme le protoplasme, soumis, comme il l'est certainement *in vivo*, à un gradient de pression, doit donc présenter, de ce fait, une polarisation électrique, et par suite absorber sélectivement les ions des sels minéraux.

On voit par cet exemple toute l'importance en biologie des phénomènes électromécaniques des gels, et combien il est nécessaire d'en tenir compte, aussi bien d'ailleurs pour interpréter la nutrition cellulaire que pour expli-

---

[1] Krouchkoll a fait, en 1889, une expérience analogue (*Journal de Physique*, II, 8, p. 472). Il avait attribué le phénomène à un effet d'électrocapillarité.

quer les différences de potentiel que l'on constate entre les différents points d'une substance vivante.

3. L'influx nerveux, qui est un des grands mystères de la physiologie, semble lui-même moins incompréhensible si l'on imagine que la gelée constituant le cylindraxe est le siège de phénomènes osmo-électriques et électromécaniques analogues à ceux que nous avons observés dans les gelées de gélose et de gélatine. Une impression tactile, par exemple, se traduisant par la compression d'une terminaison nerveuse, provoquerait tout le long du cylindraxe un courant électrique de convection. On s'explique ainsi que l'influx nerveux se propage avec une vitesse très inférieure à celle d'un courant électrique dans un conducteur métallique. On comprend également qu'une ligature puisse arrêter sa transmission, alors qu'elle serait sans effet dans le cas d'un conducteur ordinaire.

Le phénomène de l'*electrotonus* reçoit aussi une explication immédiate. Considérons, en effet, un fil de gelée. Faisons passer un courant électrique dans une portion de ce fil. Un transport de liquide se produira d'une électrode à l'autre à travers la gelée. Il y aura appel de liquide en amont, afflux en aval, de telle sorte que le mouvement se transmettra dans les régions extrapolaires. On devra donc constater dans ces régions un courant électrique de même sens que le courant polarisant.

On comprend enfin que l'excitabilité d'un nerf diminue au voisinage de l'anode pour les courants intenses, puisque alors, la gelée se desséchant, les courants de convection se trouvent entravés; elle augmente au contraire à la cathode, là où la gelée s'hydrate et devient plus perméable.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *La déviation des rayons X à la surface des corps, et les effets produits par une fente.* Note de M. F. **Wolfers**, présentée par M. G. Urbain.

De nouvelles expériences permettent de confirmer et d'étendre les résultats annoncés dans une Note récente ([1]). Les rayons X qui rasent la surface d'un corps, ou tangents au contour d'un écran, *sont déviés*, et donnent l'apparence d'une réflexion.

1. Le phénomène est *tout à fait général*. Pour l'observer avec des corps très légers,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1385.

comme le carbone, il faut des rayons très mous. Avec des corps lourds et des rayons mous, la réflexion paraît presque complète.

2. La déviation maxima par rapport aux rayons incidents est *proportionnelle à l'angle sous lequel est vu, du contour de l'objet, la dimension de la source normale au contour.*

3. J'ai obtenu des effets analogues avec un *foyer très fin* (anticathode vue par la tranche), en *déplaçant devant le tube l'ensemble de la plaque et de l'écran.* Il en résulte que la source large est surtout nécessaire pour *fournir une énergie suffisante sous des incidences variées.*

4. L'idée d'une polarisation se trouve *éliminée* à la suite d'expériences faites avec un tube Müller à foyer linéaire.

Tout ceci permet de reprendre la théorie d'une réflexion, telle qu'elle est suggérée dans ma précédente Note. La déviation maxima des rayons pourrait se déduire indirectement de la largeur de la bande noire mesurée sur les clichés, et serait en général de *quelques minutes* au plus.

D'autre part j'ai été amené à étudier l'*action des fentes* sur les rayons X, c'est-à-dire la superposition des effets de deux écrans voisins. En effet l'existence d'un faisceau dévié par les bords de tout écran semble contredire le fait admis, que le principe de la chambre noire à trou fin s'applique. Ces expériences, à peine commencées, ont donné des résultats curieux, qui jouent peut-être un certain rôle dans les études spectrographiques sur les rayons X.

Fomm (1) avait observé en 1896 certaines bandes noires dont il a conclu à une diffraction des rayons X. Haga (2), voulant réfuter cette erreur, fit avec une fente des expériences évidemment trop limitées, à la suite desquelles il crut démontrer qu'il s'agissait d'une illusion d'optique. Cela fut admis sans discussion depuis. Or, de tous les phénomènes que j'ai observés, j'ai pu prendre des *microphotographies parfaitement nettes*, de sorte que la réalité des faits ne saurait être discutée.

En irradiant une plaque avec une source assez large à travers une fente fine, on observe des effets qui dépendent de la *largeur* de la fente et de sa *distance* à la plaque; il importe peu que la fente soit à bords minces ou épais ou formée entre deux cylindres parallèles.

Supposons la fente conique et qu'on s'avance vers la pointe. On voit d'abord près de chaque bord la bande noire habituelle, puis ces bandes empiètent, avec un noircissement maximum au centre. L'image se rétrécit peu à peu jusqu'à devenir égale à la

(1) *Wied. Ann.*, t. 59, 1896, p. 350.
(2) *Wied. Ann.*, t. 68, 1899, p. 884.

largeur de chacune des bandes noires; puis elle ne fait plus que pâlir, et conserve une largeur constante. Celle-ci correspond à la dimension, mesurée normalement à la fente, de la source des rayons, selon le principe de la chambre noire. En même temps on voit apparaître une *bande claire* au centre de l'image, dont chaque bord reste frangé d'une *ligne noire étroite* (de l'ordre de $20^{\mu}$). L'ensemble ne *correspond nullement* à l'image du foyer donnée par un petit trou.

Les apparences deviennent plus complexes si l'on éloigne la plaque de la fente : chacune des deux bandes noires étroites *se divise en deux, puis plusieurs lignes fines*. L'ensemble présente l'*aspect de franges* d'interférence ou d'une sorte de spectre.

L'interprétation de ces nouveaux phénomènes paraît difficile, et nécessite de nouvelles recherches.

Enfin, il importe de signaler un tout récent travail de H. Compton [1], qui a mis en évidence, *par la méthode d'ionisation*, un phénomène sans doute semblable au nôtre. L'auteur applique aux rayons X la théorie de la dispersion optique de Drude-Lorentz. Les indices ainsi trouvés étant inférieurs à l'unité, l'auteur en déduit un angle limite de réflexion totale qu'il mesure au goniomètre pour des miroirs de verre ou d'argent, comme on ferait pour la lumière.

Cependant, avant de pouvoir faire une comparaison utile avec nos propres résultats, ne serait-il pas intéressant que l'auteur vérifie si ses nombres ne dépendent ni de l'ouverture du faisceau qu'il utilise, ni de la largeur des fentes, ni de la source des rayons? En outre, dans mes propres expériences avec un bon miroir de bronze (*loc. cit.*), j'ai constaté — comme il paraissait vraisemblable — que le poli du miroir n'intervenait aucunement. Il serait donc utile de vérifier si les effets observés par M. Compton ne seraient pas dus, non pas à la *face* de son miroir, mais à l'*arête* qui s'avance dans le faisceau incident.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la structure fine des limites d'absorption de haute fréquence. Limites* L *du xénon.* Note [2] de MM. **A. Lepape** et **A. Dauvillier**, présentée par M. Ch. Moureu.

On sait que la théorie de Kossel, relative à la structure fine des limites d'absorption, ne prend une signification expérimentale précise que dans le

(1) *Phil. Mag.*, t. 45, juin 1923, p. 1121.
(2) Séance du 25 juin 1923.

cas des absorbants à l'état atomique, gaz rares ou vapeurs métalliques, et que cette structure doit être d'autant plus apparente que la fréquence est plus faible ([1]). Dans le but d'étudier ce phénomène, nous avons examiné les limites L du xénon, obtenu à l'état de pureté par l'un de nous.

Le gaz était contenu, sous une pression voisine de celle de l'atmosphère, dans une petite cuve de verre, de $4^{mm}$ d'épaisseur, obturée par de minces feuilles de cellophane. Le tube, muni d'un filament et d'une anticathode de tungstène, absorbait une soixantaine de milliampères sous 10 kilovolts, afin d'opérer sur un spectre continu pur. Avec une fenêtre de mica de $0^{mm},02$ d'épaisseur, les poses exigèrent plusieurs dizaines d'heures. Elles furent réduites à quelques heures par l'emploi d'une fenêtre de cellophane de $0^{mm},08$ d'épaisseur. La dispersion correspondait sur la plaque à 6 unités X par millimètre.

Nous avons, dans ces conditions, obtenu avec facilité les trois limites L du xénon. Leurs longueurs d'ondes ont été mesurées par rapport à une ligne blanche dont il sera question plus loin. Cet étalonnage s'est montré d'accord avec celui obtenu en considérant la raie $WL_1(\beta_2)_2$, seule visible sur les clichés ($\lambda = 1242,1$ X).

Nous avons trouvé, à quelques dixièmes d'unité X près :

$$L_3 = 2272,4; \qquad L_2 = 2425,3; \qquad L_1 = 2587,5 \text{ X}.$$

Ces mesures appellent quelques remarques :

1° Les valeurs obtenues se placent exactement, sur le graphique de Moseley des niveaux, sur le prolongement des droites représentatives des éléments Ag-I, mais non sur celui des droites Cs-Nd. Il se produit, pour le xénon, une discontinuité, avec décalage du côté des hautes fréquences et changement de pente ([2]). Ce phénomène, dû au réarrangement électronique interne qui a lieu pour cet élément, doit être présenté par tous les gaz rares.

2° Le fond continu obtenu sans écran étant sensiblement uniforme, les différences d'opacité observables de part et d'autre de chaque limite sont identiques. Or, la discontinuité $L_3$, en particulier, se produisant dans les bandes $L_1$ et $L_2$, devrait être partiellement masquée. Cet effet signifie donc qu'elle doit être beaucoup plus importante que les autres.

---

([1]) H. Fricke (*Phys. Rev.*, t. 16, 1920, p. 202) avait déjà étudié la limite K de l'argon, mais sans parvenir à observer une structure fine.

([2]) Les longueurs d'ondes données par Lindsay pour les limites $L_3$, de Cs et Ba, sont, d'après nos mesures, trop courtes d'environ 5 unités X.

3° La limite $L_1$ présente une large bande claire, s'étendant du côté des hautes fréquences, avec un bord net pour $L_1$ et un bord diffus du côté opposé. La largeur de cette bande correspond à environ 13 volts, correction faite de la largeur de la fente collimatrice. Cette étendue est plus grande que ne le veut la théorie, car elle ne saurait dépasser le potentiel d'ionisation du gaz qui, d'après le graphique des niveaux, doit être voisin de 9 volts. La différence est peut-être due à la difficulté rencontrée pour mesurer la position du bord diffus.

4° Nous avons comparé, dans les mêmes conditions expérimentales, les limites L d'absorption des ions $I^-$ et $Cs^+$ (iodure alcalin et sel de cæsium cristallisés) à celles du xénon.

Comme Hertz l'avait déjà observé pour $Nd^{+++}$, on obtient, avec un écran très mince de $Cs^+$, deux fortes lignes blanches $L_1$ et $L_2$ où l'absorption est totale sans que les bandes soient visibles. Le phénomène est tout à fait analogue à celui que l'on observe dans les spectres d'émission des ions des éléments très électropositifs Cs-Gd et il a été interprété par l'un de nous (¹) comme dû au renversement des combinaisons $P_3L_1$ et $P_3L_2$. Ce gros phénomène n'est pas présenté par l'ion $I^-$, qui ne donne, de même que l'ion $Br^-$ de l'émulsion photographique, que de faibles lignes d'absorption correspondant à l'effet prévu par Kossel.

5° Ces résultats contribuent à montrer que toutes les limites d'absorption sont mesurées avec une longueur d'onde trop grande lorsque le domaine linéaire passe inaperçu — comme par les méthodes d'ionisation, par exemple. — Lorsque le principe de combinaison est appliqué entre lignes d'émission et d'absorption, comme on peut le faire pour les éléments Cs-Gd, il faut encore ajouter à la valeur des niveaux de basse fréquence ainsi calculée le potentiel d'ionisation de l'atome normal pour obtenir la véritable énergie de ces niveaux.

6° Outre ces véritables lignes d'absorption, nos clichés présentent encore deux lignes blanches; une très forte : 2515,7 X et une très faible : 2451,5 X, qui sont dues à un effet de double réflexion, à l'intérieur du cristal de sel gemme, de radiations appartenant au spectre continu. La première subit, en effet, la réflexion *p* lorsqu'elle est contenue dans le plan bissecteur des faces *p* et $b^{\frac{3}{4}}$ et, quoique la densité des plans de ce dernier type soit très faible, elle est suffisamment réfléchie par eux pour ne plus présenter en

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1381.

réflexion $p$ qu'une intensité insignifiante. Cette ligne a permis, en fonction de la distance réticulaire du sel gemme ($d = 2812,5$ X) (1), l'étalonnage absolu des clichés.

OPTIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur une combinaison de réflecteurs.* Note de M. MARSAT, transmise par M. André Blondel.

Le décret du 27 mai 1921 avait décidé que les voitures automobiles devraient avoir un appareil capable d'éclairer à plus de 100$^{m}$, sans que la lumière aveuglante s'élève à plus de 1$^{m}$ du sol.

La largeur moyenne d'une route étant d'une dizaine de mètres, le projecteur d'une voiture devait donner un faisceau méplat dont la section, à 100$^{m}$ du véhicule, serait un rectangle de 10$^{m}$ de large et 1$^{m}$ de haut, ayant à peu près les mêmes proportions que le filament incandescent des lampes électriques employées dans beaucoup d'appareils.

Le réflecteur habituel, en forme de calotte de paraboloïde, donne toujours un faisceau sensiblement rond, quelle que soit la forme du corps éclairant; il ne peut convenir pour obtenir un faisceau méplat. Mais, il a l'avantage d'être plus petit que tout autre réflecteur devant, avec la même source lumineuse, donner la même intensité maxima au faisceau réfléchi.

Il était donc désirable de trouver une combinaison optique qui réfléchirait parallèlement tous les rayons lumineux, émis par une source de petite dimension placée au foyer, comme le fait le réflecteur parabolique, mais qui, en outre, conserverait au faisceau la forme méplate, qu'il semblait facile d'obtenir avec un filament allongé.

On arrive à ce résultat en plaçant le corps incandescent, en forme de bâtonnet horizontal, sur l'axe d'un premier réflecteur $R_1$ en forme de tore parabolique, surface dont la courbe méridienne est un arc de parabole ayant son foyer sur l'axe de révolution. Cet axe de révolution coïncide avec la ligne focale horizontale d'un second réflecteur $R_2$ cylindrique à directrice parabolique.

Le deuxième réflecteur $R_2$ reçoit, à la fois, la lumière qui lui est renvoyée par le premier réflecteur $R_1$ et une certaine quantité de lumière venue directement de la source lumineuse.

La lumière qui a été réfléchie par le réflecteur $R_1$, puis par le réflecteur

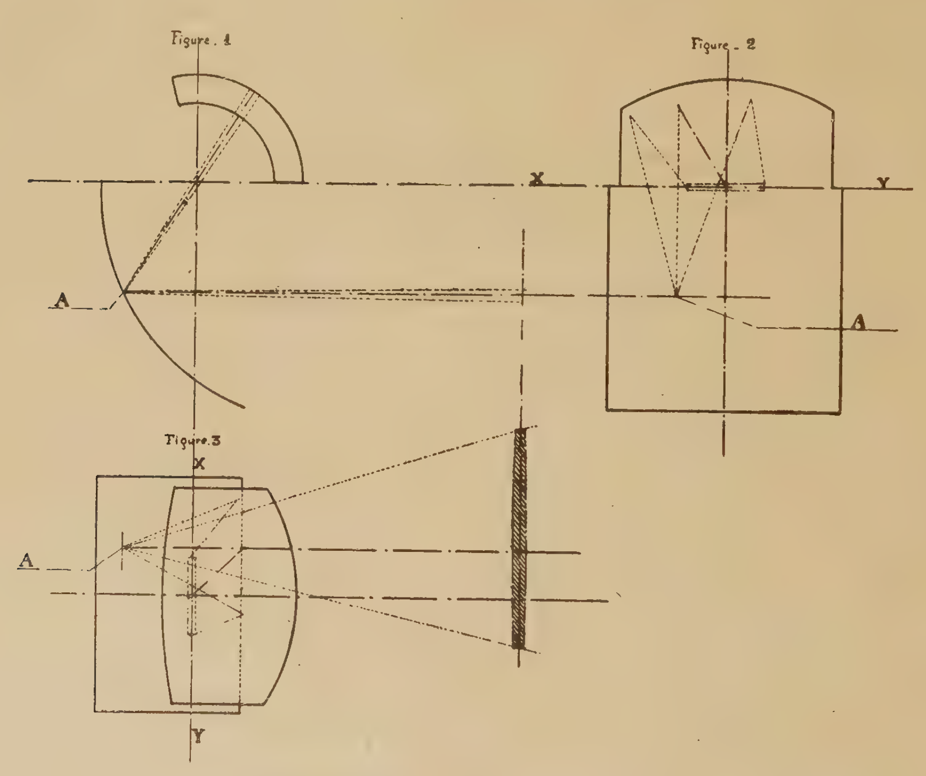
(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 965.

$R_2$, forme un faisceau qui n'a d'autre divergence que celle qui résulte de la forme même de la source et de ses distances aux réflecteurs $R_1$ et $R_2$.

L'intensité photométrique de ce faisceau est très élevée; au rendement près du réflecteur $R_1$, elle est égale à celle qui résulterait de l'emploi d'une source ayant même longueur que le réflecteur $R_1$ et même éclat que la source réelle.

La lumière qui n'a subi qu'une seule réflexion sur le réflecteur $R_2$ forme un faisceau peu divergent dans le sens vertical, très divergent dans le sens horizontal; son intensité photométrique est peu élevée.

Les figures 1, 2 et 3 montrent, pour la lumière réfléchie successivement




Tracé de l'image de la source donnée par le faisceau réfléchi au point A.

par les deux réflecteurs, le tracé de l'image du filament incandescent que dessinerait sur un plan parallèle à la droite XY le faisceau élémentaire réfléchi par un petit élément de surface A du second réflecteur $R_2$. La droite XY est, à la fois, l'axe de révolution de l'un des réflecteurs de la ligne focale de l'autre; elle coïncide avec l'axe du filament allongé qui sert

de source lumineuse. Il suffit que cette droite soit parallèle au sol de la route et perpendiculaire au sens de la marche pour que tous les faisceaux élémentaires issus des divers points du réflecteur $R_2$ et, par suite, le faisceau total aient la forme méplate et l'orientation convenables.

D'une manière plus générale, la combinaison de deux réflecteurs, l'un torique, l'autre cylindrique, permet, en utilisant d'autres courbes que la parabole, de mieux répartir sur une surface rectangulaire la partie du flux lumineux d'une lampe qui est reçue par le réflecteur torique.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches quantitatives sur le spectre d'étincelle ultra-violet du cuivre dans l'aluminium.* Note de M. **Xavier Waché**, présentée par M. A. de Gramont.

Les recherches ont porté sur la partie du spectre comprise entre $\lambda$ 4800 et $\lambda$ 2170. Elles ont été faites à l'aide d'un spectrographe Hilger, à système optique en quartz : prisme de Cornu de 60°, objectifs de collimateur et de chambre de $52^{mm}$ d'ouverture et de $610^{mm}$ de foyer pour la raie [F] $\lambda$ 4861.

L'étincelle était produite au moyen du dispositif du constructeur Beaudoin. Ce dispositif comprend un transformateur débitant sur un éclateur aux bornes duquel est monté un circuit oscillant formé de deux condensateurs en série, réunis par une self plate; l'étincelle résulte du voltage uniquement dû à la haute fréquence de cette self. L'appareil n'avait pas été modifié et était alimenté par un courant alternatif de 3,5 ampères sous 110 volts.

Dans le cas de faibles teneurs, les indications quantitatives données par l'analyse spectrale sur la composition d'un alliage dépendent du métal diluant, et en particulier de son volume spécifique; à teneurs égales, le cuivre est moins sensible dans l'aluminium que dans un métal plus dense tel que le zinc.

Le tableau quantitatif suivant a été dressé à l'aide d'alliages de cuivre en teneurs décroissantes et d'aluminium; on opérait avec une fente d'environ $0^{mm},025$ et une pose de 90 secondes. Les longueurs d'onde qui figurent au tableau sont exprimées en unités internationales.

TABLEAU.

*Sensibilité photographique des raies du cuivre dans l'aluminium.*

| | λ internationales. | $\frac{5}{100}$. | $\frac{1}{100}$. | $\frac{5}{1000}$. | $\frac{2}{1000}$. | $\frac{5}{10000}$. | $\frac{1}{10000}$. | $\frac{5}{100000}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2179,4...... | + | + | + | ? | » | » | » |
| | 2189,6...... | + | + | + | » | » | » | » |
| | 2192,2...... | + | + | + | + | + | » | » |
| | 2199,9...... | + | + | + | » | » | » | » |
| | 2210,2...... | + | + | + | ? | » | » | » |
| | 2218,1...... | + | + | + | + | + | » | » |
| I. | 2227,7...... | + | + | » | » | » | » | » |
| I. | 2228,8...... | + | + | + | + | » | » | » |
| I. | 2230,2...... | + | + | + | + | » | » | » |
| | 2242,6...... | + | + | + | + | + | » | » |
| | 2246,9...... | + | + | + | + | + | + | » |
| | 2276,2...... | + | + | + | + | » | » | » |
| | 2294,3...... | + | + | + | + | » | » | » |
| | 2356,5...... | + | + | » | » | » | » | » |
| | 2369,8...... | + | + | + | + | ? | » | » |
| | 2376,3...... | + | » | » | » | » | » | » |
| | 2400,1...... | + | + | + | » | » | » | » |
| | 2403,4...... | + | + | » | » | » | » | » |
| | 2441,6...... | + | + | » | » | » | » | » |
| | 2473,4...... | + | » | » | » | » | » | » |
| | 2492,1...... | + | + | + | » | » | » | » |
| | 2506,4...... | + | + | » | » | » | » | » |
| | 2544,9...... | + | + | + | + | » | » | » |
| | 2590,6...... | + | » | » | » | » | » | » |
| | 2600,4...... | + | ? | » | » | » | » | » |
| | 2618,5...... | + | » | » | » | » | » | » |
| II. | 2689,4...... | + | + | + | » | » | » | » |
| II. | 2701,1...... | + | + | » | » | » | » | » |
| II. | 2703,3...... | + | » | » | » | » | » | » |
| II. | 2713,6...... | + | ? | » | » | » | » | » |
| II. | 2718,9...... | + | + | » | » | » | » | » |
| | 2769,8...... | + | + | » | » | » | » | » |
| | 2824,3...... | + | ? | » | » | » | » | » |
| | 3247,5...... | + | + | + | + | + | + | + |
| | 3273,9...... | + | + | + | + | + | + | + |

Au groupe I appartiennent les raies λλ 2224,8; 2231,0; 2231,6 qui sont présentes dans le spectre d'un alliage à 50 pour 100 de cuivre; les raies λλ 2225,1; 2226,8, du même groupe, sont présentes dans le spectre d'un

alliage à 10 pour 100 de cuivre, de même que la raie 2721,8, du groupe II.

L'apparition totale du spectre du cuivre dans l'aluminium a lieu pour une teneur en cuivre voisine de 60 pour 100. Pour cette teneur, le spectre de l'aluminium apparaît totalement; sa limite d'apparition totale correspond à une teneur en aluminium voisine de 20 pour 100. L'analyse spectrale peut donc donner des indications quantitatives pour de fortes teneurs en cuivre, mais les observations sont assez imprécises dans la région du spectre s'étendant de $\lambda$ 3600 à $\lambda$ 4800, à cause de la prédominance du spectre de l'air.

Les raies du cuivre qui persistent pour des teneurs de l'ordre du millième sont en même temps celles qui résistent à l'introduction de self-inductions croissantes dans le circuit de décharge ([1]); comme l'a indiqué M. de Gramont, ceci est caractéristique des raies de grande sensibilité.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Compression et détente isotherme des dissolutions superficielles.* Note de M. A. **Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude isothermique complète des « dissolutions superficielles » (couches monomoléculaires d'acide oléique sur la surface de l'eau), comme l'étude des gaz ou des vapeurs (vapeurs saturantes ou gaz raréfiés), nécessite plusieurs appareils appropriés chacun à l'ordre de grandeur des pressions à mesurer. Nous en utilisons deux :

1° Un appareil de sensibilité moyenne qui mesure les pressions superficielles depuis 40 dynes-cm (pression de saturation) jusqu'à 0,5 dyne-cm;

2° Un appareil de grande sensibilité qui mesure les pressions jusqu'à $\frac{1}{1000}$ de dyne-cm, pressions observées lorsque l'atmosphère superficielle est étendue à 20 fois la surface de saturation.

En ce qui concerne l'appareil de sensibilité moyenne, nous avons été conduits à substituer à l'appareil décrit dans une précédente Note ([2]) un appareil donnant des mesures absolues dont voici le principe :

Sur la surface de l'eau flotte un « corps de pompe » à deux dimensions, découpé dans une feuille de mica paraffiné; le corps de pompe est maintenu immobile par deux aiguilles verticales qui traversent le mica sans frottement et sont plantées dans une masselotte immergée. Sur l'ouverture du corps de pompe s'applique une bandelette

---

([1]) Néculcéa, *Thèse*, Paris, 1907.

([2]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 346.

de mica paraffiné flottante, formant soupape; cette bandelette est traversée sans frottement par deux aiguilles verticales que porte une longue paille horizontale suspendue par un fil de torsion. La substance du film monomoléculaire est déposée sur la surface intérieure au corps de pompe, la surface extérieure étant aussi propre que possible; on détermine la torsion minimum nécessaire pour équilibrer la pression de la dissolution superficielle, c'est-à-dire pour maintenir la soupape obturée.

Un piston est constitué par une bandelette qui s'appuie sur les parois latérales du corps de pompe; sa translation est commandée par l'intermédiaire d'un curseur portant deux aiguilles verticales et monté sur une vis horizontale à grand pas disposée au-dessus de la surface, parallèlement à l'axe du piston; elle détermine les compressions et détentes.

*Pression de saturation.* — On a pu la déterminer à $\frac{1}{20}$ près; elle est égale à 40 dynes-cm.

La pression de saturation en présence de gouttelettes (phase à 3 dimensions) reste parfaitement constante dans toutes circonstances (compressions, détentes, mesures faites à plusieurs minutes d'intervalle); le manque de fidélité de l'ancien appareil nous avait conduit à des conclusions moins nettes.

Nous avons constaté, par contre, que la pression superficielle en l'absence des gouttelettes diminue rapidement, et tombe de 40 dynes-cm à 20 dynes après 1 minute, 15 dynes après 5 minutes, et décroît ensuite très lentement. Ce phénomène doit être probablement attribué à ce que l'acide oléique n'est pas parfaitement insoluble; tout se passe en tout cas comme si l'on étudiait la compression d'un gaz dans un cylindre à paroi poreuse.

L'observation précédente rend compte des difficultés précédemment rencontrées, telles que l'impossibilité d'obtenir rigoureusement le palier de saturation par compression progressive et lente en partant d'une couche non saturée.

Elle suggère en même temps qu'il convient, pour tracer correctement la courbe $p = f(S)$, de procéder avec rapidité; on y parvient en substituant, à la méthode habituelle des détentes progressives, la méthode qu'on pourrait appeler celle des détentes indépendantes et instantanées.

Une couche saturée, occupant la surface $S_1$ [1], est détendue de $S_1$ à $S_2$; la pression résiduelle est mesurée; l'ensemble des deux opérations,

(1) On peut facilement former une couche saturée, telle que les gouttelettes soient rassemblées sur une région de la surface (A. MARCELIN, *Ann. de Phys.*, 1913). Nous parlons ici de la détente d'une portion de surface libre de gouttelettes, isolée immédiatement avant la détente à l'aide de la bandelette qui va jouer le rôle de piston.

détente et mesure, demande quelques secondes. A plusieurs reprises, partant de couches saturées fraîches, on mesure les pressions résiduelles après détentes $S_1 - S_3$, $S_1 - S_4$, $S_1 - S_5$, etc. Tout se passe comme si la courbe $p = f(S)$ obtenue en groupant ces mesures indépendantes avait été déterminée dans son ensemble en quelques secondes.

L'appareil de grande sensibilité (¹) a été amélioré :

Une cage en verre protège tous les organes. Le fil de torsion a un diamètre de $0,15^{mm}$. La cuve a une surface 6 fois plus grande que dans l'appareil primitif; elle est circulaire, son diamètre est de $75^{cm}$; un solide cylindrique de $32^{cm}$ de diamètre occupe la partie centrale; elle est coupée par une cloison radiale; les impuretés résiduelles résultant d'un essuyage imparfait (vide superficiel) se répartissent d'un côté de la bandelette sur une grande surface, leur pression est alors négligeable comparativement à celle de l'atmosphère étudiée qui s'exerce de l'autre côté de la bandelette.

Cet appareil a permis non seulement de déceler, mais de mesurer la pression pour une atmosphère superficielle 20 fois plus étendue que la surface de saturation, elle est alors égale à 0,001 dyne-cm, et de tracer point par point la courbe de compression (²).

La courbe $p = f(S)$ considérée depuis la saturation $S_t$ jusqu'à une extension 20 fois plus grande n'est représentée ni par l'équation des gaz parfaits ni même par une équation de Van der Waals; remarquons que pour $S = 20 S_t$ les distances centre à centre des molécules sont inférieures à 4 fois leur diamètre. Au delà de l'extension $20 S_t$ la précision est encore insuffisante, mais nous envisageons des perfectionnements susceptibles de l'améliorer.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Pompe moléculaire hélicoïdale.* Note de M. **Holweck**, présentée par M. Jean Perrin.

*Principe.* — Il est le même que celui de la pompe moléculaire de Gaede (³). Les molécules du gaz à pomper s'engagent dans un long canal dont une partie de la paroi se déplace à grande vitesse. Par chocs successifs sur cette paroi mobile les molécules sont entraînées et finalement évacuées dans une pompe préparatoire. Pour un gaz ultra-raréfié, c'est-à-dire à une pression telle que le libre parcours moyen soit grand devant les dimensions

---

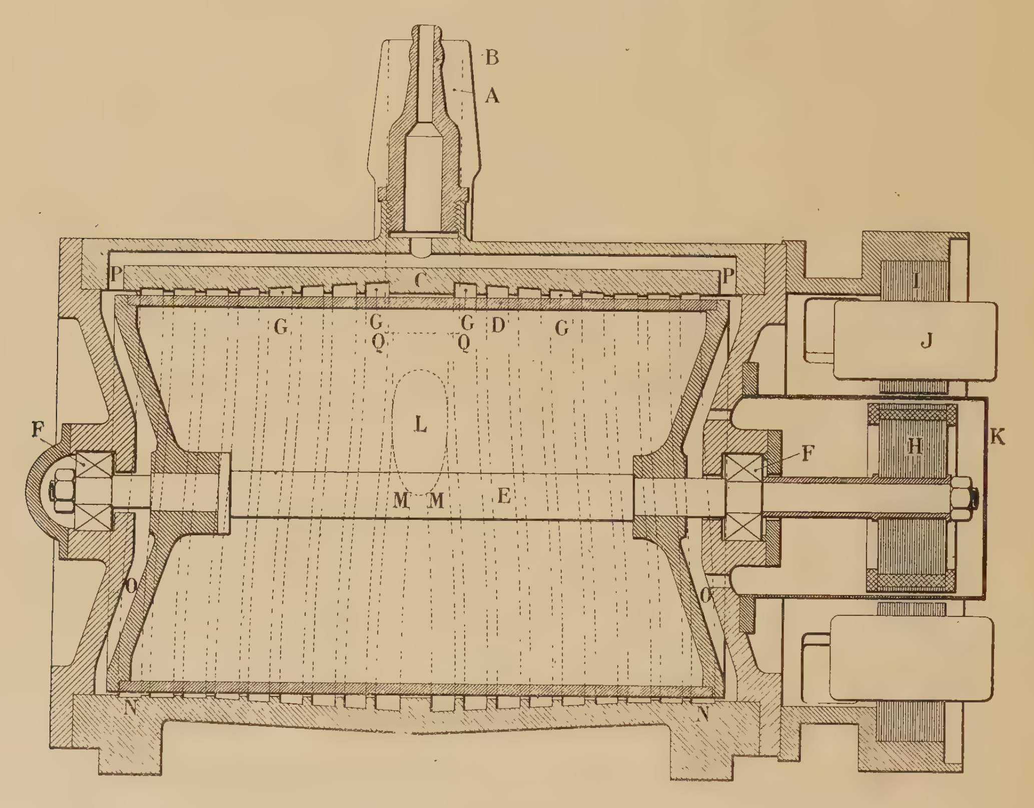
(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 502.

(²) L'ancien appareil permettait à peine d'atteindre le centième de dyne.

(³) *Ann. d. Physik*, t. 2, 1913, p. 366.

transversales du canal, une pompe moléculaire crée, entre l'orifice d'entrée du gaz et celui de sortie, un rapport de pression déterminé R qui ne dépend que des dimensions de l'appareil et de la vitesse de la paroi mobile.

*Description.* — L'appareil se compose d'un corps de pompe cylindrique C dans lequel ont été creusés deux canaux hélicoïdaux G, G à




pas contraire et de profondeur variable. Les filets les plus profonds se réunissent au milieu de la pompe et communiquent par un gros canal d'aspiration LA avec le récipient à vider. Les deux autres extrémités des hélices aboutissent au tube P qui conduit à la pompe préparatoire. A l'intérieur de ce corps de pompe et à une très faible distance ($0^{mm},03$) tourne autour de l'axe E un tambour cylindrique lisse D. Deux roulements à billes F, F supportent l'axe. Le tambour qui est dans le vide préparatoire est mis en rotation, sans lien mécanique, au moyen d'un petit moteur asynchrone diphasé dont le rotor H est dans le vide et le stator I, J dans l'air. A cet effet, le rotor est en bout de l'arbre et une cloche étanche K, en métal mince à haute résistance électrique, passe par l'entrefer.

La vitesse normale de rotation est de 4500 tours par minute. Dans un vide préparatoire de 10 baryes, le tambour met plus de 45 minutes à s'arrêter, la puissance prise par les roulements à 4500 tours : min étant de l'ordre de 10 watts.

Plusieurs types de pompe ont été construits : dans tous ces types, le diamètre du tambour D est de $15^{cm}$, le pas de l'hélice est de $1^{cm},5$, la largeur du canal de $1^{cm},1$, mais on a fait varier la profondeur des filets et la longueur du canal de façon à modifier le rapport R et le débit D de la pompe (R est d'autant plus grand et D plus petit que le canal est plus long et plus plat).

Dans le type A nous avons, de chaque côté de l'orifice, 4 tours et quart d'un canal dont la profondeur maximum est de $5^{mm}$, suivi de 2 tours et demi d'un canal de profondeur constante et égale à $0^{mm},5$.

Dans le type B, nous avons 3 tours et demi d'un canal allant de $8^{mm}$ à $0^{mm},5$, suivi de 2 tours et quart de $0^{mm},5$.

Dans le type C, nous avons 3 tours et demi d'un canal allant de $17^{mm}$ à $0^{mm},5$, suivi de 2 tours et quart de $0^{mm},5$.

*Résultats. Vide limite. Rapport R.* — Pour ces trois types d'instruments, avec une vitesse de rotation de 4500 t : min et un vide préparatoire de $15^{mm}$ de mercure, la pression des gaz parfaits subsistant du côté bon vide est certainement inférieure à $10^{-3}$ barye ; cette pression étant mesurée au moyen d'un manomètre absolu de Knudsen avec interposition d'un réfrigérant dans l'air liquide. Sans air liquide, avec une pompe très propre, la pression limite est de l'ordre de quelques centièmes de barye : le débit de la pompe s'annulant beaucoup plus tôt pour les gaz condensables que pour les gaz parfaits.

Le rapport R a été déterminé en augmentant la pression $p$ du gaz du côté vide préparatoire jusqu'à obtenir $10^{-2}$ barye de gaz parfait du côté bon vide. On a ainsi trouvé pour le type A : $p = 40$ à $80^{mm}$ (1), $R = 4$ à 8 millions ; pour le type B : $p = 28^{mm}$, $R = 2,8$ millions ; pour le type C : $p = 16^{mm}$, $R = 1,6$ million.

*Débit.* — Pour mesurer le débit, la pompe était réunie à un ballon de $7^{l},5$ au moyen d'un gros canal dans lequel se trouvait un large clapet rodé mobile de l'extérieur au moyen d'un électro-aimant. Le ballon communiquait avec un manomètre. Pour faire la mesure on ouvrait pendant 2 ou 5 secondes le clapet et on mesurait la variation de pression dans le ballon.

---

(1) Suivant le centrage du tambour dans le corps de pompe.

Le débit, qui est une fonction de la pression moyenne, est donné par la formule

$$D = \frac{V}{t} \log_e \frac{p_1}{p_2}.$$

*Pompe type* A. — Cette pompe a donné une courbe de débit en fonction de la pression très analogue à celle de la pompe moléculaire de Gaede : pour une pression moyenne de 100 baryes, 1,3 lit : sec; pour 10 baryes, $1^l,4$; pour 1 barye, $1^l,3$.

*Pompe type* B. — Le débit maximum, entre 10 baryes et 1 barye, a seul été mesuré; il est de l'ordre de 2,3 lit : sec.

*Pompe type* C. — Le débit pour 100 baryes est de 1 lit : sec, pour 10 baryes, 3,5 lit : sec; pour 1 barye, 4,5 lit : sec, puis il décroît lentement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de* $760^{mm}$. Note de MM. E. **Carrière** et **Cerveau**, présentée par M. Haller.

La détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide azotique et d'eau a été faite par M. Pascal [1], mais à notre connaissance aucun travail analogue n'a été exécuté ni pour l'acide chlorhydrique, ni pour l'acide bromhydrique. Nous rappellerons que la température d'ébullition des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau présente un maximum égal à 126° pour une concentration en acide bromhydrique du mélange de 47,5 pour 100.

Nous nous sommes tout d'abord attachés à avoir de l'acide bromhydrique concentré et pur. Nous avons débarrassé l'acide bromhydrique concentré de la petite quantité d'acide chlorhydrique qu'il renfermait, par distillation fractionnée. L'acide chlorhydrique s'élimine au début de la distillation avant que soit atteint le maximum de la température d'ébullition. L'acide purifié est partagé en deux parties : la première est distillée sur du bromure de calcium desséché ; la seconde sert à la condensation des vapeurs d'acide bromhydrique qui se dégagent de la première. C'est cette deuxième portion ainsi obtenue à un taux de concentration convenable qui constitue l'échantillon d'acide bromhydrique ayant servi à nos déterminations.

L'obtention des points de la courbe d'ébullition a été effectuée par

---

[1] *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 589.

dosage préalable des mélanges d'acide et d'eau soumis à l'ébullition et par détermination de la température d'ébullition commençante, le thermomètre plongeant dans le liquide.

Nous distinguerons deux cas pour l'obtention des points de la courbe de rosée.

*Premier cas.* — Le mélange d'acide bromhydrique et d'eau à distiller renferme plus de 47,5 pour 100 d'acide bromhydrique, cette teneur étant celle du mélange bouillant à température maximum. La vapeur, très riche en acide bromhydrique, est condensée dans un volume donné de soude titrée. La vapeur acide absorbée est déterminée par pesée exacte. Le titre de l'acide est connu par dosage de la soude en excès.

*Deuxième cas.* — Le mélange d'acide bromhydrique et d'eau soumis à l'ébullition renferme moins de 47,5 pour 100 d'acide bromhydrique. Les vapeurs sont condensées par un réfrigérant; le distillat correspondant à l'ébullition commençante est analysé.

Dans les deux cas, la température est déterminée en plaçant le réservoir du thermomètre à la hauteur de la tubulure latérale du ballon de Würtz employé.

La distillation est très lente et correspond à quelques décigrammes par minute.

Les résultats obtenus figurent dans les Tableaux ci-après :

*Tableau I relatif à la courbe d'ébullition.*

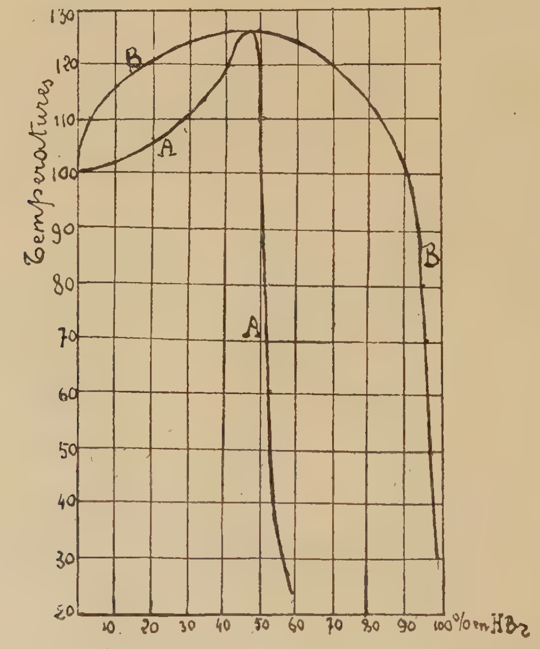
| Température d'ébullition. | Composition en H Br pour 100 du mélange en ébullition. | Température d'ébullition. | Composition en H Br pour 100 du mélange en ébullition. |
|---|---|---|---|
| o | pour 100 | o | pour 100 |
| 22........ | 60 | 123,6....... | 43,8 |
| 26........ | 57,8 | 120,6....... | 41,8 |
| 28........ | 56,7 | 116,5....... | 38,2 |
| 31........ | 55 | 114......... | 34,8 |
| 40........ | 53,6 | 111,5....... | 30,8 |
| 110........ | 50,8 | 107,5....... | 24,8 |
| 123,5...... | 49,3 | 106,5....... | 21,4 |
| 124,5...... | 48,4 | 103,5....... | 15 |
| 126........ | 47,5 | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Température d'ébullition... | 102°. | 101°,75. | 101°,25. |
| Composition en HBr pour 100 du mélange en ébullition.... | 11,3 | 9,1 | 6,6 |

*Tableau II relatif à la courbe de rosée.*

| Température de distillation. | Composition en HBr pour 100 du distillat. | Température de distillation. | Composition en HBr pour 100 du distillat. |
|---|---|---|---|
| o | pour 100 | o | pour 100 |
| 25 | 99 | 126 | 47,5 |
| 27,5 | 98,8 | 123 | 24,5 |
| 29,5 | 97,3 | 116 | 10,5 |
| 45 | 97 | 106,5 | 0,74 |
| 90 | 95 | 104 | 0,4 |
| 105 | 91 | 102 | 0,1 |
| 124 | 57,5 | 100,5 | 0,03 |
| 125,25 | 54,3 | | |

Les résultats des deux Tableaux sont d'autre part représentés par la figure ci-dessous, AA étant la courbe d'ébullition, BB la courbe de rosée. Le




AA, courbe d'ébullition des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760$^{mm}$; BB, courbe de rosée des mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760$^{mm}$.

maximum pour la température d'ébullition, soit 126°, correspond à la composition de 47,5 pour 100 en acide bromhydrique; ces résultats concordent avec ceux trouvés par MM. Champion et Pellat (*Comptes rendus*, t. 70, p. 620). D'autre part, les courbes d'ébullition et de rosée sont bien tangentes pour la température maximum, conformément à la règle de Gibbs-Konovaloff.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations polarimétriques sur l'émétique, le tartrate et le malate d'uranyle.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. Haller.

Les mesures de pouvoir rotatoire m'ont permis récemment d'élucider les réactions qui ont lieu dans les solutions renfermant l'acide malique, l'acide molybdique et une base. Il était à prévoir que le procédé employé s'appliquerait au cas d'un autre oxyde acide et d'un autre acide actif. Il m'a donné effectivement des résultats que je crois nouveaux sur les propriétés de l'émétique ordinaire et des tartrate et malate d'uranyle.

1. *Action des bases sur l'émétique.* — L'action de la potasse sur l'émétique ordinaire a été étudiée par divers auteurs. M. Guntz [1] a montré que, si l'on ajoute peu à peu de la potasse, elle précipite immédiatement $Sb^2O^3$; la précipitation est presque totale (96 pour 100) pour une certaine proportion de KOH. L'oxyde se redissout dans un excès. A la concentration étudiée (20$^g$,6 par litre), il faut, pour la redissolution totale, huit fois la quantité de KOH qui donne la précipitation maxima. M. Guntz pense que $Sb^2O^3$ se combinerait à KOH pour donner l'antimonite de potassium qui reste dissous. L'étude du pouvoir rotatoire de la solution permet de montrer que cette redissolution doit s'interpréter autrement.

On dissout 0$^g$,5 d'émétique dans l'eau; on ajoute une quantité variable de KOH $\left(\frac{x}{1000}\right)$; on complète à 50$^{cm^3}$. Il est préférable de verser la solution d'émétique dans la potasse. On agite et l'on filtre s'il y a précipité; la liqueur filtrée est polarisée sous 2$^{dm}$ pour les trois raies jaune, verte et indigo du mercure. On retrouve exactement les apparences décrites par M. Guntz avec les rotations suivantes pour la raie jaune :

| $x$. | 0. | 0,78. | 1,575. | 3,15. | 6,3. | 9,45. | 12,6. | 15,75. | 18,9. | 23,6. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha_J^{2dm}$... | +3,00 | +1,61 | +0,48 | +0,12 | −0,36 | −0,70 | −1,21 | −1,68 | −1,75 | −1,70 |

$Sb^2O^3$ a été redissous pour les deux dernières solutions.

Si l'on construit la courbe de ces rotations en fonction de $x$, on trouve deux cassures très nettes : 1° l'une vers $\frac{1,5}{1000}$; l'autre vers $\frac{16}{1000}$.

La première correspondrait à la fin de la réaction

$$2T(SbO)K + 2KOH = 2TK^2 + Sb^2O^3 + H^2O \quad [2].$$

(1) *Ann. de Ch. et Phys.*, 6$^e$ série, t. 13, p. 388.

(2) $TH^2$ désignant l'acide tartrique.

Le pouvoir rotatoire est en effet celui du tartrate neutre, la dispersion rotatoire également.

A partir de ce point, si $Sb^2O^3$ donnait simplement $SbO^2K$, corps inactif, on devrait avoir une rotation constante. On voit que la rotation varie considérablement jusqu'à prendre des valeurs gauches importantes. Il est donc probable que $Sb^2O^3$ *rentre dans un nouveau composé lévogyre formé avec l'acide tartrique et la potasse.* La deuxième phase de la réaction dépend de la concentration. Elle est ci-dessus de 10g d'émétique par litre. J'ai étudié les solutions renfermant 20g et 40g. Les $[\alpha]$ gauches augmentent un peu plus vite en solutions concentrées. Pour la solution à 20g les deux cassures sont à $\frac{3}{1000}$ et $\frac{22}{1000}$, c'est-à-dire presque exactement dans le rapport indiqué par M. Guntz. Pour la solution à 40g on trouve $\frac{6}{1000}$ et $\frac{33}{1000}$. Il semble que le nouveau composé soit plus stable en solutions concentrées. Sa dispersion rotatoire est importante, très supérieure à celle d'un tartrate normal. Je n'ai pas jusqu'ici réussi à l'isoler de la solution.

II. Sels d'uranyle. — A. *Tartrate.* — Le tartrate d'uranyle, découvert par Péligot, a été l'objet d'un certain nombre de travaux dont les plus récents sont ceux de M. Bruhat ([1]). Les auteurs l'envisagent à volonté comme un sel neutre ou comme un acide complexe. L'action des bases, étudiée comme ci-dessus, permet de décider en faveur de la deuxième conception.

On prépare des solutions contenant 0g,5 de tartrate et des quantités variables de soude dans 50cm³. La précipitation n'a pas lieu pour celles qui contiennent peu de soude; elle ne commence que par addition d'une quantité supérieure à deux fois celle qui serait nécessaire pour saturer l'acide tartrique. La rotation varie d'une façon systématique, comme l'indique le Tableau suivant :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$. | 0. | 0,27. | 0,535. | 0,804. | 1,07. | 1,34. | 1,875. | 2,14. | 2,41. | 3,35. | 5,02. |
| $\alpha_J^{2dm}$.... | +1,95 | 2,20 | 2,45 | 2,76 | 3,15 | 2,00 | 1,56 | 0,91 | 0,49 | 0,22 | 0,23 |

Les deux dernières solutions ont été filtrées. La courbe des rotations possède un point anguleux très net pour une proportion de soude correspondant à $\frac{Na}{T = 1}$. Il est probable qu'il existe un deuxième composé renfermant 2 Na et peu stable en solutions étendues. La rotation constante obtenue à la fin est celle du tartrate neutre de Na. Ces résultats confirment quelques mesures d'Itzig ([2]).

---

([1]) *Ann. de Physique*, 1920, p. 25.

([2]) *Ber.*, 3e série, t. 34, 1901, p. 3822.

B. *Malate.* — Il a été préparé par Itzig (*loc. cit.*); je l'ai étudié de la même façon que le tartrate. Les solutions renferment $0^g,3$ de sel et $\frac{x}{1000}$ de soude pour $60^{cm^3}$. Le Tableau suivant donne les rotations :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$. | 0,24. | 9,48. | 0,72. | 0,96. | 1,20. | 1,44. | 1,68. | 1,92. | 2,16. | 2,40. | 3,00. |
| $-\alpha_J^{2dm}$.... | 1,54 | 1,79 | 1,99 | 1,91 | 1,75 | 1,55 | 1,30 | 1,13 | 0,96 | 0,76 | 0,31 |

Les trois dernières solutions ont précipité; on retrouve la même apparence que pour le tartrate. Le composé défini net contiendrait l'acide malique, l'oxyde d'urane et la soude dans des proportions moléculaires égales. Il existerait un deuxième composé contenant 2 Na.

Il est admis actuellement que l'émétique dérive d'un acide antimoniotartrique; les composés dimolybdomaliques que j'ai isolés lui sont analogues. Il faut admettre aussi que le tartrate et le malate d'uranyle sont deux acides complexes. J'ai mis en train l'étude directe de l'acidité des solutions de tous ces corps; elle paraît devoir confirmer les conclusions ci-dessus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équilibre entre l'iodure de plomb et les iodures de potassium et d'ammonium en solution aqueuse.* Note [1] de Mme **N. Demassieux**, présentée par M. G. Urbain.

Les iodures de plomb et de potassium ont été successivement l'objet des recherches de Boullay [2], Ditte [3], Marcellin Berthelot [4], Mlle Field [5], Herty [6], Schreinemakers [7], Wells et Johnston [8], Balcom [9]. Comme les divers résultats obtenus par ces auteurs présentent quelquefois des contradictions, j'ai repris l'étude de ces composés par la méthode bien connue des solubilités qui permet d'obtenir les diagrammes d'équilibre.

---

(1) Séance du 25 juin 1923.

(2) Boullay, *Ann. Chim. Phys.*, t. 34, 1827, p. 366.

(3) Ditte, *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. 24, 1881, ou *Comptes rendus*, t. 20, p. 1180.

(4) Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. 29, 1883, p. 289.

(5) Mlle Field, *Chem. News*, t. 67, 1893, p. 157.

(6) Herty, *Amer. Chem. Journ.*, t. 18, 1896, p. 290.

(7) Schreinemakers, *Zeitsch. phys. Chem.*, t. 10, 1892, p. 477.

(8) Wells et Johnston, *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. 3, 1893, p. 195-210.

(9) Balcom, *Abbeg. Handbuch der anorg. Chem.*, t. $3^2$, p. 667.

*Résultats pour le système* $PbI^2 — KI — H^2O$.

| Nature de la phase solide. | 50° PbI$^2$ en grammes dans 100$^g$ de solution. | 50° KI en grammes dans 100$^g$ de solution. | 13° PbI$^2$ en grammes dans 100$^g$ de solution. | 13° KI en grammes dans 100$^g$ de solution. |
|---|---|---|---|---|
| $PbI^2$ .................... | 0,17 | 0 | 0,05 | 0 |
| $PbI^2$ .................... | 0,02 | 9,33 | 0,001 | 2,21 |
| $PbI^2$ .................... | 0,27 | 21,00 | 0,001 | 4,18 |
| $PbI^2$ .................... | 1,82 | 29,51 | 0,002 | 9,09 |
| $PbI^2$ .................... | 2,52 | 30,57 | 0,003 | 14,01 |
| $PbI^2 + PbI^2, KI, 2H^2O$ .... | 3,11 | 31,77 | 0,05 | 16,02 |
| $PbI^2, KI, 2H^2O$ .......... | 3,99 | 36,18 | 0,19 | 21,32 |
| $PbI^2, KI, 2H^2O$ .......... | 5,56 | 42,08 | 0,68 | 34,45 |
| $PbI^2, KI, 2H^2O$ .......... | 11,59 | 54,63 | 0,97 | 40,21 |
| $PbI^2, KI, 2H^2O$ .......... | 13,33 | 55,00 | 3,30 | 54,36 |
| $PbI^2, KI, 2H^2O + KI$ ...... | 14,14 | 56,41 | 4,54 | 56,55 |
| KI...................... | 9,72 | 58,49 | 3,10 | 56,90 |
| KI...................... | 5,55 | 60,28 | » | » |
| KI...................... | 1,52 | 61,98 | » | » |
| KI...................... | 0 | 62,39 | 0 | 57,66 |

Fig. 1.

Le diagramme met en évidence la formation d'un sel double,

$$PbI^2, KI, 2H^2O$$

qui a été obtenu par Herty et Wells et Johnston. Les autres composés décrits antérieurement n'ont pas pu être révélés.

Les iodures de plomb et d'ammonium ont été de même l'objet des recher-

ches de Boullay (1), Ditte (2), Mlle Field (3), Wells et Johnston (4), Herty (5), Mosnier (6), Fonzes-Diacon (7).

*Résultats pour le système* $PbI^2—NH^4I—H^2O$.

| Nature de la phase solide. | 50° | | 20° | |
|---|---|---|---|---|
| | $PbI^2$ en grammes dans 100g de solution. | $NH^4I$ en grammes dans 100g de solution. | $PbI^2$ en grammes dans 100g de solution. | $NH^4I$ en grammes dans 100g de sulution. |
| $PbI^2$ | 0,17 | 0 | 0,06 | 0 |
| $PbI^2$ | 0,14 | 6,13 | 0,02 | 3,54 |
| $PbI^2$ | 0,15 | 9,91 | 0,03 | 6,06 |
| $PbI^2+PbI^2, NH^4I, 2H^2O$ | 0,29 | 13,47 | 0,10 | 7,02 |
| $PbI^2, NH^4I, 2H^2O$ | 0,34 | 18,07 | 0,20 | 14,50 |
| $PbI^2, NH^4I, 2H^2O$ | 8,51 | 54,79 | 0,92 | 45,80 |
| $PbI^2, NH^4I, 2H^2O$ | 13,18 | 58,21 | 2,96 | 56,71 |
| $PbI^2, NH^4I, 2H^2O+NH^4I$ | 16,06 | 61,35 | 4,90 | 61,10 |
| $NH^4I$ | 9,88 | 61,95 | 2,10 | 61,50 |
| $NH^4I$ | 6,24 | 63,98 | » | » |
| $NH^4I$ | 0 | 66,47 | 0 | 61,62 |

Fig. 2.

(1) BOULLAY, *Ann. Chim. Phys.*, t. 34, 1827, p. 366.

(2) DITTE, *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. 24, 1881.

(3) Mlle FIELD, *Chem. Soc.*, t. 63, p. 540, ou *Chem. News*, t. 67, 1893, p. 157.

(4) WELLS et JOHNSTON, *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. 4, 1893, p. 117.

(5) HERTY, *Am. Chem. Journ.*, t. 18, 1896, p. 290.

(6) MOSNIER, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, t. 12, 1897, p. 374.

(7) FONZES-DIACON, *Bull. Soc. chim.*, t. 1, 1897, p. 346.

Le diagramme montre l'existence d'un sel double $PbI^2, NH^4I, 2H^2O$, décrit par Wells et Johnston et Herty. Les autres composés n'ont pas pu être isolés.

Cette Note donne seulement un abrégé de mes recherches qui seront publiées ailleurs *in extenso*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'association du chlorure mercurique.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans le but d'étudier par voie ébullioscopique les sels complexes formés par le chlorure mercurique avec les chlorures alcalins en dissolution dans l'eau, nous avons été conduits à déterminer l'élévation du point d'ébullition des solutions de ce sel à différentes concentrations. Nous avons ainsi observé que ce sel était associé.

Ce fait avait été constaté déjà qualitativement par divers auteurs, dans des observations isolées : Kahlenberg (¹), Beckmann (²), Landsberger (³); aucun d'eux n'a indiqué de relation quantitative de ce phénomène. Nous avons résolu ce problème à la suite de nos déterminations; les résultats de nos mesures sont contenus dans le Tableau suivant :

| Numéros. | Concentration. | Élévation du point d'ébullition observée — 1re série. | 2e série. | Élévation calculée. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,175 | 0,075 | 0,085 | 0,090 |
| 2 | 0,350 | 0,159 | 0,164 | 0,174 |
| 3 | 0,525 | 0,251 | 0,247 | 0,249 |
| 4 | 0,583 | 0,270 | 0,271 | 0,273 |
| 5 | 0,700 | 0,316 | 0,318 | 0,319 |
| 6 | 0,875 | 0,385 | 0,387 | 0,385 |
| 7 | 1,050 | 0,455 | 0,446 | 0,448 |
| 8 | 1,225 | 0,512 | 0,506 | 0,509 |
| 9 | 1,400 | 0,566 | 0,569 | 0,568 |
| 10 | 1,575 | 0,631 | 0,628 | 0,267 |

Nous avons cherché si ces données satisfaisaient à la loi des masses appliquée à l'équation

$$\underset{c}{n\,Cl^2Hg} \rightleftharpoons \underset{c'}{(Cl^2Hg)^n}$$

(¹) L. Kahlenberg, *Journ. Ph. Ch.*, t. 5, 1901, p. 367.

(²) E. Beckmann, *Z. S. ph. Ch.*, t. 6, 1890, p. 460.

(³) W. Landsberger, *Z. S. An. Ch.*, t. 17, 1898, p. 450. — S. F. J. Sakurai, *Journ. ch. Soc.*, t. 61, 1893, p. 998, u. Benrath, *Z. S. anorg. Ch.*, t. 54, 1907, p. 329.

et nous avons trouvé qu'il en était ainsi pour $n = 3$. On a :

$$C = c + 3c', \tag{1}$$

$$\frac{c}{3c'} = \frac{x}{x'}, \tag{2}$$

$$x + x' = a, \tag{3}$$

C étant la concentration du chlorure mercurique supposé à l'état de molécule simple connue par la masse $a$ de sel dissous dans $100^g$ d'eau, $x$ et $x'$ les masses respectives de ce sel à l'état de molécules simple et triple, dans la solution.

Si nous négligeons, ce qui est légitime, vu sa petitesse, la dissociation électrolytique du chlorure mercurique, et si nous admettons que la molécule simple et la molécule triple coexistant dans la dissolution produisent la même élévation ébullioscopique, que si elles étaient seules en présence du même poids d'eau, on a pour l'élévation $\Delta e$

$$\Delta e = 5,2\left(\frac{x}{271} + \frac{x'}{813}\right) \tag{4}$$

et

$$K = \frac{c^3}{c'}. \tag{5}$$

Des quatre premières équations où C, $a$ et $\Delta e$ sont connus, on tire $c$ et $c'$; on calcule K à l'aide de (5); on a

| Numéros. | Concentration. | K. | |
|---|---|---|---|
| | | 1re série. | 2e série. |
| 1 | 0,175 | 0,0123 | 0,054 |
| 2 | 0,350 | 0,81 | 1,17 |
| 3 | 0,525 | 3,04 | 2,48 |
| 4 | 0,583 | 2,48 | 2,58 |
| 5 | 0,700 | 2,54 | 2,71 |
| 6 | 0,875 | 2,80 | 2,94 |
| 7 | 1,050 | 3,19 | 2,69 |
| 8 | 1,225 | 2,99 | 2,68 |
| 9 | 1,400 | 2,72 | 2,84 |
| 10 | 1,575 | 2,92 | 2,80 |

Si nous négligeons les valeurs de K relatives aux deux plus basses concentrations pour lesquelles les erreurs relatives sont considérables, et où il se produit des phénomènes secondaires dont nous reparlerons, on voit que la constance de K est très convenable. Au reste, si l'on supposait que l'asso-

ciation ait lieu par 2 ou 4 molécules, on trouverait pour la constante d'équilibre :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Concentrations | 0,525 | 0,875 | 1,575 |
| $2Cl^2Hg \rightleftharpoons (Cl^2Hg)^2$ K = | 2,48 | 1,33 | 0,858 |
| $4Cl^2Hg \rightleftharpoons (Cl^2Hg)^4$ K = | 1,764 | 3,488 | 5,17 |

résultats qui font rejeter ces deux hypothèses.

Pour $n = 3$, la moyenne de K pour les six concentrations les plus élevées où les erreurs relatives sont minima, est : 2,86 pour la première série, et 2,78 pour la seconde.

En partant de K = 2,78 qui offre le plus de garantie, l'on calcule (par approximations successives), à l'aide des équations (1), (2), (3), (5), les valeurs de $x$ et $x'$, qui portées dans (4) fournissent les valeurs de $\Delta e$ calculées, figurant dans le premier Tableau ; ces valeurs sont très concordantes avec celles que l'on a mesurées directement, sauf pour les deux plus basses concentrations.

Nous remarquerons que, pour ces deux dernières, les valeurs calculées sont un peu supérieures aux valeurs observées malgré l'hydrolyse qui est élevée à ces basses concentrations puisqu'elle est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la racine carrée de la délution. Il est très vraisemblable que l'acide chlorhydrique mis en liberté est absorbé en grande partie par la molécule simple $Cl^2Hg$, en grand excès, pour former un complexe ; la petite réduction du nombre de molécules qui en résulte abaisse l'élévation du point d'ébullition.

Il est probable aussi que le composé formé $(Cl^2Hg)^3$ n'est pas simplement un corps associé, mais un complexe $\left[\underset{-}{HgCl^3}\right]^2\underset{++}{Hg}$ de même type que $Cl^2Hg$, $ClK = \left[\underset{-}{HgCl^3}\right]\underset{+}{K}$.

Notons enfin, que, si l'on rassemble les données fournies par les auteurs cités précédemment, on a pour $n = 3$ une constance médiocre pour K.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Cl^2Hg$ dans 100g d'eau | 3,341 | 8,68 | 16,54 | 22,22 | 34,90 | 52,59 |
| Élévation | 0°,056 | 0°,159 | 0°,268 | 0°,338 | 0°,496 | 0°,645 |
| K = | 0,13 | 3,65 | 2,15 | 3,65 | 2,88 | 1,97 |

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'existence des magnésiens arsinés.* Note de MM. **André Job** et **René Reich**, présentée par M. Charles Moureu.

L'étude que nous poursuivons sur les composés organométalliques a ramené notre attention sur la réaction étudiée par L. Meunier : l'ammoniac,

les amines primaires et secondaires réagissent sur les organomagnésiens et l'on obtient des composés du type $C^6H^5NHMgBr$ ou même, avec les amines primaires (d'après Sudborough et Hibbert) [1] en élevant la température à 120°, des composés tels que $C^6H^5N(MgBr)^2$.

Nous avons pensé à étendre cette réaction aux phosphines, aux arsines et aux stibines. L'intérêt tout particulier que présentent les composés arsenicaux nous a déterminés à faire notre premier essai sur une arsine et il s'est trouvé que nous avions à notre disposition de la monophénylarsine $C^6H^5AsH^2$. Nous avons pu constater qu'elle réagit en effet, mais à la température d'ébullition de l'éther nous n'avons pas obtenu le type intermédiaire $C^6H^5AsHMgBr$, nous avons atteint immédiatement le dimagnésien $C^6H^5As(MgBr)^2$. Son existence est démontrée par l'ensemble des faits qui vont suivre.

Tout d'abord, en faisant réagir 1$^{mol}$ d'arsine sur 2$^{mol}$ de $C^2H^5MgBr$, nous avons obtenu exactement 2$^{mol}$ d'éthane, ce qui correspond bien à l'équation

$$C^6H^5AsH^2 + 2C^2H^5MgBr = C^6H^5As(MgBr)^2 + 2C^2H^6.$$

Dans une solution éthérée de magnésien renfermant 9$^g$,30 de $C^2H^5MgBr$, nous versons peu à peu 55$^g$ d'une solution éthérée de phénylarsine contenant 5$^g$,37 de $C^6H^5AsH^2$. La réaction est instantanée et nous avons recueilli 1590$^{cm^3}$ d'éthane (calculé 1580$^{cm^3}$).

Une couche huileuse apparaît au fond du ballon. Pour rester en milieu homogène il suffit d'ajouter un peu de benzine dans les solutions éthérées ou de partir d'une solution benzénique de phénylarsine.

La solution du magnésien arsiné doit être maintenue à l'abri de l'air, car elle est très oxydable et son oxydation se révèle par un jaunissement prononcé.

Elle est aussi très sensible à l'action de l'eau qui la décompose en régénérant de la phénylarsine. D'ailleurs on peut dire que toutes ses réactions rappellent les caractères des organomagnésiens. Nous avons étudié qualitativement quelques-unes d'entre elles (sur les éthers-sels, les aldéhydes, les cétones, les chlorures d'acide).

Nous nous contenterons aujourd'hui de décrire la réaction du gaz carbonique et celle du chloroformiate d'éthyle.

Le gaz carbonique est avidement absorbé par la solution limpide du

---

[1] Voir aussi le travail de MM. Moureu et Mignonac, *Sur la diagnose des bases primaires, secondaires et tertiaires* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1624.

magnésien arsiné, la solution s'échauffe et l'on voit apparaître un précipité abondant. Il est vraisemblable qu'il s'est formé ainsi le sel

$$C^6 H^5 As (CO^2 Mg Br)^2.$$

Nous avons essayé d'en libérer l'acide par de l'eau acidulée, mais dans ces conditions on voit le gaz carbonique se dégager; l'acide cherché est donc détruit aussitôt. L'eau pure suffit même à hydrolyser le sel et l'acide se détruit encore. Il se forme du bicarbonate de magnésium et l'on régénère la phénylarsine qui est à nouveau captée par l'éther.

Mais si l'acide est instable, ses éthers-sels du moins sont accessibles; nous l'avons reconnu en traitant le magnésien par le chloroformiate d'éthyle.

Le magnésien arsiné préparé selon les indications précédentes sur $\frac{1}{10}$ de molécule-gramme d'arsine ($15^g,4$), est transvasé sous pression d'hydrogène et versé peu à peu dans une solution benzénique bouillante de chloroformiate d'éthyle en léger excès ($23^g$ au lieu de $21^g,6$, soit un peu plus de $\frac{2}{10}$ de molécule). Un précipité solide apparaît. On continue de chauffer pendant deux heures environ; puis après refroidissement on traite la solution par l'eau glacée. La couche éthérée est alors séparée, séchée et distillée dans le vide. On n'y trouve plus de phénylarsine. On rectifie et on recueille alors entre 180° et 183° sous $20^{mm}$, $11^g$ d'une huile incolore d'odeur faiblement éthérée. Ce produit paraît stable à l'air.

Il est légitime de supposer que la réaction du chloroformiate sur le magnésien arsiné s'est faite de la façon suivante :

$$C^6 H^5 As(MgBr)^2 + 2 Cl - CO^2 C^2 H^5 = C^6 H^5 As(CO^2 C^2 H^5)^2 + MgBr^2 + MgCl^2.$$

La formule que nous attribuons ainsi au produit obtenu se vérifie d'ailleurs très bien par le dosage d'arsenic et par la détermination du poids moléculaire. On y trouve 25,2 pour 100 d'arsenic (calculé 25,2). Le poids moléculaire trouvé (par cryoscopie dans le benzène) est 278; calculé 298.

Nous avons essayé d'y retrouver le carbone des carboxyles en traitant à chaud par un excès de potasse alcoolique. Il se reforme ainsi de la phénylarsine et la liqueur acidulée donne un dégagement de gaz carbonique correspondant à 83 pour 100 de la quantité attendue. Ces faits concordent bien avec la formule que nous attribuons à ce composé.

L'existence des arsinomagnésiens se trouve donc établie et déjà nous voyons la possibilité d'attacher directement le carboxyle à l'arsenic. Nous espérons tirer parti de ces magnésiens pour obtenir soit à partir des arsines primaires et secondaires des séries grasse et aromatique, soit à partir des arsenobenzènes des types nouveaux de molécules arsénicales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode volumétrique d'analyse élémentaire.* Note de MM. **L. Hackspill** et **G. de Heeckeren**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Le principe de la méthode est le suivant :

La combustion d'une substance organique en présence d'oxyde de cuivre est complète même en l'absence d'oxygène libre, à la condition d'opérer dans le vide à une température de 800° ou 900°. On obtient ainsi $CO^2$, $N^2$ et $H^2O$. L'eau peut être intégralement condensée à −80° sans qu'elle retienne la moindre trace d'acide carbonique. Ce dernier gaz et l'azote sont alors faciles à recueillir au moyen d'une trompe à mercure. Leur volume total est mesuré et le résidu après absorption par la soude est de l'azote. Quant à l'eau, sa tension de vapeur est suffisante à la température ordinaire pour qu'il soit facile de la faire passer sur de l'hydrure de calcium qui libère quantitativement l'hydrogène qui entre dans sa composition :

$$CaH^2 + 2H^2O = Ca(OH)^2 + 2H^2.$$

Le volume de cet hydrogène est facile à mesurer comme il vient d'être dit.

Cela a été réalisé en employant un tube en verre de silice fermé à une extrémité et mesurant 350mm de long et 12mm de diamètre intérieur. Le reste de l'appareil comprenait : une ampoule de condensation pour l'eau, un tube à hydrure de calcium limité par deux robinets et une trompe de Sprengel, tout cela en verre et réuni par soudure. Un tube latéral de jonction permettait de faire circuler $CO^2$ et $N^2$ sans traverser l'hydrure.

La marche de l'analyse est la suivante : la substance pesée est introduite dans le fond du tube de silice qui est ensuite rempli aux deux tiers avec de l'oxyde de cuivre calciné et avec un tampon de fil de cuivre très fin, puis relié par masticage dans une position verticale, au reste de l'appareil. Ce masticage pourrait évidemment être avantageusement remplacé par un rodage. Pendant que le vide est fait au $\frac{1}{100}$ de millimètre, la substance doit être refroidie de manière à rendre sa tension de vapeur pratiquement nulle. Le mélange réfrigérant (neige carbonique et acétone) sert ensuite à condenser l'eau dans l'ampoule. Le chauffage est réalisé au moyen d'un four électrique à résistance de 200mm de longueur. On commence par le haut et l'on fait glisser peu à peu le four jusqu'à l'extrémité fermée du tube de silice. Les gaz ne tardent pas à se dégager, il faut environ 2 heures pour les

recueillir; après quoi on laisse l'ampoule contenant l'eau de combustion revenir à la température ambiante, on ferme le robinet du tube latéral et on ouvre ceux du tube à hydrure. Il faut compter au moins 3 heures pour que la réaction soit complète, et un temps double lorsque l'hydrure a servi longtemps et est recouverte de chaux. Mais cela ne nécessite aucune surveillance.

Les principaux avantages du procédé qui vient d'être décrit sont :

1° De ne nécessiter qu'une seule pesée et une seule combustion pour le dosage de trois éléments;

2° De permettre le dosage exact du carbone et de l'hydrogène sur 2 ou $3^{cg}$ de substance et même moins si l'on utilise des éprouvettes donnant le $\frac{1}{100}$ de centimètre cube. On est, dans ce cas, limité uniquement par la sensibilité de la balance.

Il est certain que beaucoup de petits perfectionnements pourront être apportés à la technique d'une méthode qui présente pour l'instant l'inconvénient de fournir des nombres un peu trop élevés en ce qui concerne l'azote. On trouve même de petites quantités de cet élément dans des corps qui n'en renferment pas, comme la naphtaline.

Du reste, voici quelques-uns des résultats obtenus :

| | | Pour 100. Calculé. | Pour 100. Trouvé. |
|---|---|---|---|
| Naphtaline $C^{10}H^8$ | C | 93,75 | 93,7 |
| | H | 6,25 | 6,2 |
| Urée $CON^2H^4$ | C | 20 | 20,4 |
| | H | 6,66 | 6,6 |
| | N | 46,7 | 47,7 |
| Uréthane $C^3O^2H^7N$ | C | 40,42 | 40,39 et 40,58 |
| | N | 15,72 | 16,03 et 15,97 |
| | H | 7,86 | 7,78 et 7,80 |
| Quinoléine $C^9H^7N$ | C | 83,72 | 83,5 et 83,6 |
| | H | 5,42 | 5,3 et 5,6 |
| | N | 10,85 | 11,4 et 11,6 |

CHIMIE. — *Sur l'hydratation des hydrocarbures.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Nous nous sommes proposé d'étudier les conditions dans lesquelles pouvait se produire l'hydratation des hydrocarbures, et, pour déceler la présence de l'eau dans ces corps, nous avons mesuré les variations de con-

ductibilité qu'elle détermine sur une paroi de verre refroidie, suivant le dispositif déjà décrit ([1]).

Afin d'empêcher l'intervention de l'humidité atmosphérique, l'extérieur des vases et leur partie interne, depuis le bord jusqu'au niveau que devait atteindre l'huile, ont été d'abord enduits de bakelite que l'on insolubilisait par chauffage à 150°. Puis les parois vernies ont été recouvertes d'une forte couche de vaseline épaisse. Après effleurissage de la face interne libre, les vases étaient desséchés pendant 24 heures à 25° dans le vide sur $P^2O^5$, puis remplis immédiatement avec l'huile à étudier. Les vases employés avaient été sélectionnés et possédaient une activité très voisine; de plus, le contrôle des essais était assuré en intervertissant les récipients ou en utilisant un seul d'entre eux pour comparer successivement plusieurs liquides. Le point de rosée de l'atmosphère était surveillé à l'hygromètre Alluard pour éviter toute condensation sur les parois refroidies. Les huiles étudiées étaient desséchées à 75° dans le vide et conservées sur $P^2O^5$.

On sait que l'extension sur l'eau des hydrocarbures est liée à la présence dans la molécule de doubles liaisons, celles-ci possédant une affinité marquée pour l'eau. Nous avons donc comparé d'une part des huiles complètement saturées, telles que des huiles de vaseline, et d'autre part des hydrocarbures américains contenant des molécules non saturées (885 Pale, etc.).

Nous avons constaté que ces deux types d'huile s'hydrataient très facilement : il leur suffit, par exemple, de traverser goutte à goutte à 20° l'atmosphère saturée d'humidité d'une cloche, chaque goutte mettant 10 secondes à suivre dans sa chute un fil de cuivre enroulé en hélice.

Si l'on remplit avec des huiles ainsi traitées les vases d'essai, on voit aussitôt après, et sans même les refroidir, qu'il suffit de 32000 volts environ pour faire éclater la décharge, tandis que 67000 volts environ étaient nécessaires au passage de l'étincelle lorsque les hydrocarbures étaient bien secs. Cette chute de tension, correspondant à une hydratation notable des parois de verre, montre que les huiles, saturées ou non, ont absorbé de l'eau pendant leur exposition à l'air humide. Nous avons alors ajouté aux huiles retirées de la cloche un certain volume de ces mêmes huiles desséchées, cette dilution fournissant ainsi des liquides également appauvris en eau. Dans ce cas, il a suffi, après refroidissement à 13°, d'une moindre tension pour produire la décharge au travers des vases contenant les huiles saturées :

([1]) Paul Woog, *Comptes rendus,* t. 176, 1923, p. 1797.

| Huiles saturées. | Huiles non saturées. |
| --- | --- |
| 32,900 volts | 62,980 volts |
| 32,900 » | 57,340 » |

Cet écart très net s'est maintenu en opérant sur diverses huiles d'abord séchées, puis auxquelles on avait incorporé, par agitation violente et contact prolongé, de faibles et égales quantités d'eau. Amenées à contenir moins de $\frac{1}{60000}$ d'eau, ces huiles ont donné des tensions de l'ordre suivant, après avoir été refroidies à 13°,5 :

| | Huiles saturées (en volts). | | Huiles non saturées (en volts). | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Huiles sèches........ | 66,740 | 65,800 | 67,680 | 66,740 |
| Huiles humidifiées... | 46,530 | 36,660 | 62,980 | 64,860 |

D'une manière générale, nous avons constaté cette différence entre hydrocarbures saturés ou non chaque fois que ces produits étaient soumis aux mêmes conditions d'hydratation. Ce fait, en apparence, contraire aux phénomènes d'extension sur l'eau, nous semble néanmoins cadrer avec eux. Il ne faut pas, en effet, considérer l'hydratation plus marquée des parois de verre, dans le cas des huiles saturées comme résultant d'une plus forte quantité d'eau contenue dans ces hydrocarbures; il semblerait, au contraire, que, toutes choses égales, les huiles non saturées s'hydrateraient davantage (¹). Mais ce qui différencie les deux types d'huile, est leur degré d'affinité pour l'eau, et, par conséquent, la solidité de l'adhérence de leurs molécules aux molécules d'eau. Tandis que cette eau trouve dans les doubles liaisons des molécules non saturées des points de fixation privilégiés, elle ne rencontre rien de pareil dans les molécules saturées. Sur ces dernières, le contact avec l'eau n'est assuré que par des régions où l'activité atomique est plus grande, cette polarité existant, comme l'a montré M. H. Devaux (²), même dans les corps non mouillés par l'eau dans les conditions habituelles. Dès lors, il est naturel que l'eau retenue sur les molécules saturées par ce faible champ de forces résiste moins bien à l'appel de la paroi du vase refroidi que l'eau fixée par les doubles liaisons : d'où hydratation plus facile du verre.

(¹) La rigidité diélectrique, déterminée entre sphères de $12^{mm},5$ de diamètre, écartées de $5^{mm}$, est environ de 44600 volts pour les huiles sèches; elle passe, dans nos huiles humidifiées, à 42300 volts pour les huiles saturées et à 35700 volts pour les huiles non saturées.

(²) H. Devaux, *Soc. Physique*, Bull. n° 181, 2 février 1923, p. 184. S.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un témoin de la Tyrrhénide dans la région ouest de Bougie.* Note [1] de M. **F. Ehrmann**, transmise par M. Ch. Depéret.

Sur la rive gauche de la Soummam, au nord d'El Kseur, se dresse l'imposant massif du *Dj. Arbalou* (1317$^m$) qui domine toute la région ouest de Bougie. Le Dj. Arbalou, formé de calcaires liasiques, avec Trias normal à la base [2] se prolonge par une série de crêtes calcaires plus ou moins démantelées mais continues jusqu'au Gouraya de Bougie et au cap Carbon.

J'ai récemment reconnu, sur le flanc nord du Dj. Arbalou, la présence de couches violacées à *Aptychus* comparables à l'Oxfordien de la Kabylie des Babors [3], et qui se retrouvent probablement dans le synclinal de l'isthme du cap Carbon (Gouraya de Bougie). L'Oxfordien rouge est, dans la région ouest de Bougie, nettement transgressif; à l'Arbalou il est au contact du Lias supérieur; ailleurs, à Beni Amrane (Oued Amizour), il est discordant jusque sur le Trias.

Au N-N-O de cette chaîne liasique avec témoins jurassiques, on n'avait jusqu'ici reconnu que des formations crétacées et tertiaires.

Or, à 5$^{km}$ au nord du Dj. Arbalou, et à 16$^{km}$ O-N-O de Bougie, j'ai découvert à l'emplacement même du village kabyle de *Bou Hatem* un affleurement de roches anciennes, large d'environ 2$^{km}$ sur 5$^{km}$ de long, et de direction sensiblement O-E de Bou Hatem à Agueni Ouadjel (Sidi Touati).

On y trouve d'une part des granulites, schistes granulitisés, cipolins, phyllades, schistes X absolument comparables aux roches cristallophylliennes et précambriennes des massifs anciens du littoral algérien : les cipolins, en particulier, sont identiques à ceux de Fort-National et des environs d'Alger. Les schistes X présentent la plus grande analogie avec ceux de la Bouzareah, de la Grande Kabylie, etc.

J'ai, d'autre part, retrouvé ici des schistes argileux, schistes fissiles, schistes charbonneux; des calcaires, calcaires rubannés, calcschistes; des arkoses, grès, quartzites verdâtres, psammites, grauwackes, etc. à *fossiles*

---

[1] Séance du 25 juin 1923.

[2] F. Ehrmann, *De la situation du Trias et de son rôle tectonique dans la Kabylie des Babors* (*B. S. G. F.*, t. 22, n° 1, 15 juin 1922).

[3] F. Ehrmann, *Sur la découverte du Jurassique moyen et supérieur dans la chaîne des Babors* (*C. R. S. G. F.*, 1920). — F. Ehrmann et J. Savornin, *Échelle stratigraphique de la Kabylie des Babors* (*Comptes rendus*, t. 172, 17 mai 1921).

*indéterminables*, mais qui offrent de grandes similitudes de faciès avec ceux des Beni Afeur (sud de Djidjelli) qui représentent une partie du Silurien et du Dévonien ([1]).

De plus, M. Brives m'a aimablement communiqué des échantillons du Dévonien (grès micacés, grauwackes à *Spirifer cultrijugatus*, calcaires, calcaires rubannés) provenant du Maroc occidental ([2]) qui présentent avec ceux de Bou-Hatem une remarquable ressemblance.

Les comparaisons et analogies de faciès me semblent suffisantes, malgré l'absence actuelle de fossiles déterminables, pour considérer l'affleurement de Bou-Hatem comme d'âge antépaléozoïque, et paléozoïque.

Ce lambeau non encore signalé de la Tyrrhénide est enveloppé et en partie recouvert par les formations transgressives du Crétacé et de l'Éocène qui l'isolent vers l'ouest du massif ancien de la Grande Kabylie, et qui, au sud, empêchent de constater comme pour le Djurdjura ([3]) l'accolement direct des chaînes calcaires contre le socle ancien.

La chaîne de l'Arbalou n'en apparaît pas moins dans la même situation par rapport au témoin ancien de Bou-Hatem, que la chaîne du Djurdjura par rapport au massif ancien Kabyle.

*On peut en déduire que les chaînes calcaires du Djurdjura se prolongent vers Bougie par les Beni Zikki, l'Arbalou, le Gouraya jusqu'au promontoire du cap Carbon, circonscrivant vers l'est la Grande Kabylie et lui constituant une limite géographique aussi franche que celle du sud.*

*Les chaînes de la Kabylie des Babors ne constituent donc pas le prolongement direct du Djurdjura, mais s'affirment comme plus méridionales et nettement indépendantes.*

---

([1]) F. Ehrmann, *Sur la découverte du Silurien à Graptolithes et du Dévonien à Tentaculites aux Beni Afeur* (*sud de Djidjelli, Algérie*) (*Comptes rendus*, t. 174, 26 juin 1922).

([2]) A. Brives, *Voyages au Maroc*, Alger, 1909.

([3]) E. Ficheur, Carte géologique de l'Algérie au $\frac{1}{50000}$. Feuilles de *Fort National* et de *Tazmalt*.

PALÉONTOLOGIE. — *Éléphants fossiles d'Angleterre : présence de l'*Elephas trogontherii *Pohlig à l'extrême base du forest bed de Cromer.* Note [1] de M. G. **Pontier**, transmise par M. Ch. Depéret.

En étudiant une série de dents d'Éléphants fossiles provenant de la couche forestière de Cromer et recueillies dans diverses localités de la côte du Norfolk, j'ai rencontré une molaire supérieure droite qui se rapporte à une mutation quaternaire ancienne de l'*Elephas trogontherii* Pohlig.

Assise très riche en Mammifères, le Cromer forest bed se développe le long des côtes anglaises sur une étendue de près de $60^{km}$. Il commence, au Sud, à Kissingland et peut être suivi depuis cette localité jusqu'à Cromer.

Au point de vue chronologique, on le place tantôt à l'extrême fin du Pliocène, tantôt au début du Quaternaire (Sicilien). Cette dernière interprétation tend à devenir classique.

Constitué par des sables, des graviers, des argiles noires avec coquilles fluviatiles et lignites, le forest bed a une épaisseur assez faible, variable suivant les localités, ne dépassant pas quelques mètres. Les fossiles qui en sont extraits sont en général recouverts d'un dépôt ferrugineux, dont la coloration va du brun au vert très foncé. Les géologues anglais ont donné le non d' « Iron pan » à cette patine tout à fait caractéristique qui permet de différencier les pièces du forest bed des fossiles des Crags et de ceux du Laminated blue clay.

On a cité du forest bed : *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas antiquus* Falconer, et deux espèces du groupe des Mammouths : *Elephas trogontherii* Pohlig, *Elephas primigenius* Blumenbach.

En 1909, Pohlig a fait remarquer [2] qu'il existe :

1° Une forme ayant les caractères de l'*E. meridionalis*, mais avec formule laminaire voisine de celle d'*E. antiquus* ($x - 16$ à $18 - x$). Dans une Note parue en 1908 dans les *Annales de la Société géologique du Nord*, j'avais précisé les caractères différentiels de cette mutation d'avec la forme type et depuis, MM. Depéret et Mayet en ont fait la mutation *cromerensis* du rameau d'*E. meridionalis* [3].

---

(1) Séance du 25 juin 1923.

(2) Pohlig, *Ueber* Elephas trogontherii *in England* (*Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellschaft*, 1909, p. 242).

(3) Ch. Depéret et L. Mayet, *Monographie des Eléphants pliocènes* (*Annales de l'Université de Lyon*, 225 pages in-8°, 47 figures dans le texte et 11 planches comprenant 72 figures, 1923).

2° Une seconde forme ayant une formule dentaire analogue ($x$ — 16 à 20 — $x$) et ayant des lames offrant une évidente similitude avec celles du Mammouth proprement dit (*E. primigenius*). C'est l'*E. trogontherii*, décrit en 1889 par Pohlig sur des pièces d'Allemagne.

Une mutation pliocène d'*E. trogontherii* a été signalée dans le Pliocène supérieur de l'Astésan par MM. Depéret et Mayet. Mais en Angleterre, on ne le connaît pas antérieurement au forest bed. Ultérieurement, il fut assez abondant ainsi qu'en témoignent nombre de molaires provenant de Cromer, Overstand, Mundesley, Corton, etc., conservées dans les Musées d'Angleterre. Telles les belles molaires de Corton, de la Collection Colman, rapportées à tort par Leith-Adams à l'*E. antiquus* var. A. De même la belle mandibule du Musée de Cambridge indiquée par le même auteur comme une mâchoire d'*E. meridionalis*, mais avec beaucoup de doute puisque à la fin de sa description il ajoute : « Sans les molaires, cette mandibule ne pourrait être distinguée de celle du Mammouth. » J'ajouterai que certaines molaires provenant de la région d'Overstrand (Collection Savin) et étiquetées *E. primigenius* sont de façon certaine des molaires d'*E. trogontherii*.

La molaire qui a suggéré la présente Note a été trouvée dans les débris éboulés de la falaise d'Overstrand. C'est une arrière-molaire supérieure droite ayant appartenu à un sujet âgé et offrant une surface totale d'abrasion. Elle est très lourde, très fossilisée, brune, ferrugineuse et présente de nombreux grains de quartz adhérents comme chez certains fossiles des Crags. Ces caractères de fossilisation signent son origine : extrême base du forest bed.

Seize lames usagées, plus le talon postérieur; le talon antérieur a été enlevé par l'usure et il manque environ deux lames, ce qui permet d'établir la formule : $x$ — 18 — $x$. Longueur actuelle : $26^{cm}$; compte tenu des parties disparues, la longueur totale a donc été de 33 à $35^{cm}$. Largeur : $10^{cm},5$. D'où le rapport de longueur-largeur de 3,3 à 3,5, plus bas que celui d'*E. trogontherii* de type normal (3,5 à 4).

Fréquence laminaire sur $10^{cm}$ : 6.

Sur la table dentaire, les lames se présentent assez épaisses ($14^{mm}$ max.) serrées, avec rubans d'émail légèrement festonnés; il n'existe pas de sinus loxodonte médian, mais en certains endroits, l'émail forme des dilatations assez prononcées, irrégulièrement distribuées, situées plus ou moins loin de la ligne médiane. L'émail est plus épais que dans la forme type et surtout que dans la forme évoluée de l'étage tyrrhénien. Quelques digitations irrégulières au talon postérieur. Le cément est très développé et il masque les lames latéralement. Racines très fortes et bien conservées.

La hauteur de la dent, prise à sa partie moyenne = $14^{cm}$, chiffre faible pour *E. trogontherii*, mais il faut tenir compte de ce qu'il s'agit d'une molaire très usée, car une fois la dent entièrement en fonction, l'abrasion exerce son action sur la hauteur de la couronne.

Ce qui donne un grand intérêt à cette dent d'Overstrand, c'est qu'en dehors de ses conditions de gisement et de fossilisation qui la datent du plus ancien niveau du Cromer forest bed, elle offre un type tout à fait primitif d'*Elephas trogontherii*, à rapprocher d'*E. trogontherii* du Villafranchien de l'Astésan.

Cette mutation ancienne de ce grand Mammouth à peau nue que devrait être *E. trogontherii* n'est pas encore connue dans le Quaternaire ancien de France et d'Allemagne où le rameau n'a été rencontré que dans des gisements (terrasse de $30^{m}$) formés postérieurement à la grande glaciation mindélienne. Aussi m'a-t-il paru utile de confirmer la présence d'*Elephas trogontherii* Pohlig en Angleterre, au moment où commençaient à se déposer les plus vieux sédiments de la couche forestière de Cromer.

CYTOLOGIE. — *Remarques sur l'état de l'huile à l'intérieur des graines oléagineuses.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'état sous lequel se présente la réserve d'huile dans les graines oléagineuses est encore peu connu, malgré les nombreux travaux publiés à ce sujet.

On admet cependant assez communément que l'huile forme une émulsion à l'intérieur du cytoplasme, mais cette opinion a été contestée tout récemment par MM. Mangenot et Policard qui ont proposé une nouvelle explication (1).

Il s'agit des cellules d'albumen chez le Ricin, où les auteurs, employant une méthode nouvelle, croient avoir reconnu que l'huile, loin de former des gouttelettes séparées, constitue dans chaque cellule une grosse masse indivise et que, d'autre part, au lieu de se trouver à l'état d'émulsion au sein du cytoplasme, ce serait ce dernier qui serait émulsionné à l'intérieur de l'huile. De la sorte, cytoplasme et huile se trouveraient intimement mélangés, au moins dans la graine mûre.

(1) A. Policard et G. Mangenot, *Recherches cytologiques sur l'état de l'huile dans les graines oléagineuses* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1841).

J'ai eu l'occasion, au cours de recherches sur l'aleurone chez le Ricin et les Conifères, d'examiner des tissus frais appartenant soit aux graines, soit aux plantules et je me suis rendu compte très nettement de la disposition que présentent les inclusions d'huile à l'intérieur des cellules ; ma description s'appuie sur des observations minutieuses des cellules vivantes, contrôlées par d'excellentes fixations (¹).

Il est parfaitement possible, bien que l'on ait prétendu le contraire, d'observer des cellules vivantes d'albumen dans la graine mûre du Ricin : il suffit pour cela de prendre certaines précautions pour éviter l'arrivée brusque de l'eau au contact des éléments cellulaires. On peut même réaliser de bonnes colorations vitales des grains d'aleurone qui se détachent alors au milieu des autres inclusions cellulaires.

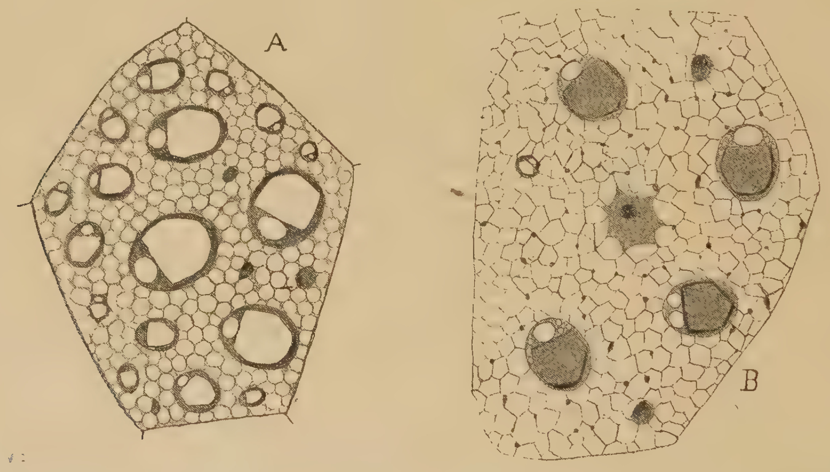



Fig. A. — Cellule de la couche interne de l'albumen dans une graine de Ricin ayant deux jours de germination (coloration vitale de l'aleurone et sphérules d'huile incolores). Gr. : 1200.
Fig. B. — Cellule de la masse de l'albumen mûr (méthode de Regaud, l'huile est dissoute; le réseau cytoplasmique, extrêmement ténu, est faiblement coloré et contient des plastes). Gr. : 1200.

Une cellule d'albumen chez le Ricin, observée de cette façon, montre son huile, non pas en l'état d'une masse unique, mais sous forme de sphérules de faible taille et de grosseur quelque peu inégale : les gouttelettes huileuses, de même que les corpuscules aleuriques, constituent bien réellement des inclusions du cytoplasme, elles ne sont jamais en effet exactement juxtaposées, elles demeurent entourées par une couche de protoplasme

(¹) Pierre Dangeard, *Recherches de biologie cellulaire* (*Le Botaniste*, 15ᵉ série, 1923).

extrêmement mince et sont par conséquent distinctes les unes des autres.

Le noyau est visible dans certains cas, malgré l'abondance des inclusions et on lui reconnaît une forme étoilée qui est due à la pression des éléments qui l'entourent : il est relié au cytoplasme par de nombreux filaments, tel le noyau des Spirogyres suspendu par de multiples haubans au centre de la cellule.

La disposition précédente se retrouve sur une coupe d'albumen fixé au moyen de la méthode de Regaud; dans ces conditions l'huile a disparu, dissoute au cours du montage des préparations, tandis que l'aleurone se montre fortement coloré par l'hématoxyline ferrique. Quant au cytoplasme, à un premier examen, il apparaît presque négligeable sur les coupes, tellement sa quantité est faible : sa structure est celle d'un réseau très fin dont les filaments se relient au noyau et s'appuient sur la membrane.

L'ensemble, vu en coupe, peut être assez exactement comparé à une toile d'araignée, mais forme en réalité un système alvéolaire, dont chaque alvéole entoure un globule d'huile ou un grain d'aleurone.

Le réseau cytoplasmique est coloré en gris, mais on observe de place en place à son intérieur des granules ou de courts bâtonnets qui retiennent fortement l'hématoxyline : ce sont les plastes qui n'ont pas, à ce moment, semble-t-il, de fonction élaboratrice.

La structure que je viens de décrire ne correspond nullement à celle d'un cytoplasme émulsionné dans une grosse goutte d'huile unique : autrement, ce cytoplasme formerait des inclusions plus ou moins sphériques à l'intérieur de l'huile, ce qui n'est nullement le cas.

En résumé, dans les cellules d'une graine mûre de Ricin, on trouve un cytoplasme dont les alvéoles contiennent un noyau plus ou moins central, des grains d'aleurone qui représentent le système vacuolaire et un très grand nombre de globules d'huile distincts qui constituent la réserve oléagineuse de ces graines : on peut donc conserver, en ce qui concerne l'huile, la notion classique d'une très fine émulsion cytoplasmique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la mosaïque des sexes chez un hybride d'Oseilles sauvages* (Rumex Acetosa *L.* × R. scutatus *L.*) Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Trois pieds femelles de *Rumex Acetosa* L. du Laboratoire de Bellevue (Seine-et-Oise), isolés le 12 mai 1922, furent pollinisés le 3 juin avec des

hampes d'une même plante polygame *R. scutatus*, récoltées la veille sur un mur à Thuin (Belgique); l'une fut stérile, les deux autres donnèrent 5 (lot I) et 14 (lot II) akènes de taille normale. Sur plus de 1000 fleurs abondamment pollinisées de *R. Acetosa*, 19 seulement furent fécondées par *R. scutatus;* le lot I donna 4 graines lourdes et 1 jaunâtre vide; le lot II, 6 graines pleines et 8 vides; mises à germer le 16 juillet, j'obtins, de I, 3 plantes, de II, 4 plantes; au total, 7 hybrides *R. Acetosa* × *R. scutatus*, signalés, je crois, pour la première fois.

*Caractères végétatifs.* — Les hybrides ont le port et les caractères de *R. Acetosa*. Très vigoureux, ils ont donné, en mai 1923, de nombreuses hampes dressées, de $60^{cm}$ à $120^{cm}$, à feuilles vert clair passant, avec la maturation, au rouge vif; les ramifications sont abondantes, longues et sinueuses, arquées, rappelant un peu *scutatus;* les axes, plus charnus que ceux *d'Acetosa*, finissent par se rider comme eux, mais avec un retard d'au moins trois semaines; le 30 juin, ils portent encore tous des fleurs et des boutons, alors que les *R. Acetosa* de Bellevue ne présentent plus que des fruits mûrs.

Les feuilles des jeunes rosettes et celles des souches adultes sont du type *Acetosa*, avec exagération de la longueur des pétioles qui atteignent $18^{cm}$; les limbes, épais, sont longs de 12 à $15^{cm}$, larges de 3 à 4, avec nervures secondaires échelonnées jusqu'à la pointe; les lobes inférieurs convergent et se recouvrent, comme un bec croisé, au-dessus des pétioles, accentuant le caractère propre à *Acetosa*, par opposition aux lobes divergents de *scutatus*. Mais on se rend facilement compte que cette particularité n'est pas un caractère nouveau et tient à la vigueur végétative propre aux hybrides interspécifiques; la masse de bourgeons à demi développés sur la souche et à la base des hampes est caractéristique de cet état de pléthore. Les ochréas sont longues, engainantes, déchiquetées par épaississement tardif des tiges; les feuilles caulinaires sont sessiles, exceptionnellement longues et étroites, bien développées jusqu'à mi-hauteur des hampes; à leur base, les bourgeons feuillés coexistent avec des rameaux fleuris développés tardivement. L'excès de vigueur des hybrides est encore démontré par la tendance à la fascie d'une des hampes qui porte, sur quelques nœuds, deux feuilles soudées, comme si la nervure principale de la feuille, d'abord unique, s'était bifurquée prématurément.

*Caractères des grappes.* — Le lot I comprend 2 plantes femelles et 1 plante mâle-hermaphrodite; le lot II 3 femelles et 1 mâle-hermaphrodite. A la fin de juin, les plantes mâles sont presque dépouillées de leurs fleurs et les femelles se remarquent de loin par l'abondance des glomérules axillaires de fleurs serrées à pétales accrescents, dont l'ensemble est plus compact que celui des *Acetosa*. Chez les plantes femelles, la longueur d'axe couverte par dix étages inférieurs des hybrides est, en moyenne, 7 à $8^{cm}$ (D = 15), *d'Acetosa*, 10 à $12^{cm}$ (D = 9), de *scutatus*, 15 à $20^{cm}$ (D = 7); les hybrides fournissent jusqu'à 7 fleurs par étage, *Acetosa* 4 à 5, *scutatus* 3 à 4. Mais, avec la maturation, les étages des hybrides se dégarnissent rapidement; la majeure partie des fleurs, non fécondées, se détachent à l'articulation, bien que les pétales aient pris un accroissement comparable à celui des fleurs fécondées et que les sépales soient renversés sur les pédoncules.

Les grappes hybrides mâles se dégarnissent beaucoup plus tôt; les groupes de fleurs sont plus rapprochés que sur les plantes femelles (D = 17 et 20) et les fleurs par groupes plus nombreuses (10 à 12); mais la plupart sont prématurément caduques. Il en reste cependant quelques-unes, persistantes ou assez durables, surtout sur les verticilles médians des rameaux; *l'examen à la loupe montre que ce sont des fleurs hermaphrodites* et plusieurs donnent de bonnes graines; *la distribution* sur les axes des fleurs hermaphrodites fertiles *rappelle les mosaïques sexuelles* constatées sur les hybrides à sexualité intermédiaire d'*Hordeum tetrastichum* et *H. distichum* [1].

*Fleurs et fruits.* — Les fleurs femelles des hybrides sont construites sur le type des fleurs d'*Acetosa*, sans traces apparentes de staminodes; les fruits, c'est-à-dire l'ensemble des trois pétales accescents et des trois sépales renversés, avec léger glomérule basilaire, ressemblent à ceux d'*Acetosa*, mais sont pour la plupart vides; 20 pour 100 renferment des akènes réduits à la membrane gonflée, jaune terne ou brune de l'ovaire. Sur 1000 fleurs environ de chaque hybride femelle j'ai récolté : (lot I) 12 et 3 akènes pleins et lourds; (lot II) 27, 4 et 0. *Les femelles hybrides ont une fécondité très réduite.* Les bonnes graines sont trigones, très courtes ($1^{mm},5$ sur $1^{mm},2$) d'un noir brillant, du type *Acetosa*.

Les plantes mâles-hermaphrodites fournissent de nombreux grains de pollen avortés (plus de 70 pour 100) et de tailles très variables; les fleurs mâles comme les fleurs hermaphrodites sont construites sur le même type et, à maturité, les six pièces des périanthes sont étalées en étoile; les mâles avec six étamines sans trace d'ovaire, les hermaphrodites avec six étamines entourant un ovaire trigone à stigmates renversés en houppes. Lorsque les ovaires de ces fleurs sont fécondés, ils s'allongent, prennent la forme de fuseaux pointus atteignant $2^{mm},5$ de long sur $1^{mm}$ dans leur plus grande largeur; exceptionnellement ils renferment des embryons et *je n'ai pu récolter* en tout *que cinq akènes mûrs différant totalement des akènes femelles.*

En résumé, le pollen de *Rumex scutatus* féconde exceptionnellement les ovaires de *R. Acetosa* femelles isolés; dix bonnes graines ont donné 7 hybrides, très vigoureux, du type *Acetosa*; c'est un exemple très net d'*hérédité unilatérale maternelle.*

Comme chez *Rumex Acetosa*, à Bellevue et aussi dans les expériences de A. Sprecher (1913), *la proportion des hybrides femelles l'emporte sur celle des mâles;* les uns et les autres présentent une fécondité très réduite; les graines sont brunes, trigones, courtes comme celles d'*Acetosa.*

*Les individus mâles portent*, sur les verticilles moyens des ramifications, *un petit nombre de fleurs hermaphrodites*, semi-persistantes, dont quelques-unes fournissent de bonnes graines en fuseau, longues et étroites. *La répartition en mosaïque des fleurs hermaphrodites paraît liée à la pléthore localisée* dans la portion moyenne des axes.

---

(1) L. Blaringhem, *Sur l'hérédité en mosaïque* (*Congrès intern. Génétique*, Paris, 1911, p. 54).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Expériences sur les états d'adaptation régionale et relative de la rétine. Applications à la peinture.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. J. Breton.

L'adaptation complète et uniforme de la rétine est une expérience de laboratoire. Par contre, à chacun des instants de la vie ordinaire, les diverses régions de la rétine sont dans des états d'adaptation différents, dépendant de l'intensité, de la couleur et de la durée des images qui s'y sont formées dans les instants précédents. L'adaptation, fonction du temps, commence en effet par croître très vite; il suffit d'une ou deux secondes pour qu'une image sombre détermine une adaptation locale et relative.

Ces notions se présentent comme une conséquence logique de nos connaissances sur la sensation lumineuse en fonction du temps, et notamment des travaux numériques de Broca et Sulzer. Au cours de travaux antérieurs [1], où je reprenais, en lumières monochromatiques, les expériences que ces auteurs avait faites en lumière blanche et avec des filtres à radiations, mon attention fut attirée sur les applications possibles de ces phénomènes au domaine de la peinture.

Je signalerai d'abord un certain nombre d'expériences et d'observations nouvelles, propres à démontrer l'adaptation locale et relative des régions de la rétine, et qui sont à la base des applications.

J'interpose, entre l'un de mes yeux et le ciel, la main aux doigts ouverts, tout en immobilisant l'œil le mieux possible. Si je viens à enlever la main au bout de quelques secondes, les parties du ciel sur lesquelles elle se projetait paraissent plus claires, et le restent pendant plus d'une demi-seconde. Cette image de la main est un cas particulier des images accidentelles par fatigue rétinienne; mais ici, contrairement au cas ordinaire, c'est le fond qui correspond à la rétine fatiguée, et l'image de l'objet à la rétine fraîche.

Lorsque, le poignet restant immobile, on fait osciller la main d'un mouvement peu rapide, sa projection balaie le ciel dans une certaine étendue. Or cette étendue reste plus claire que les voisines, parce que la région rétinienne correspondante ne reçoit qu'une excitation intermittente, moins désadaptatrice qu'une excitation continue, et conserve une sensibilité supérieure à celle des régions voisines.

---

[1] Émile Haas, *Nouvelles expériences sur le phénomène de Broca et Sulzer (ondulation de fatigue)* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 188).

Lorsqu'un objet sombre se trouve sur un fond clair, ou inversement, les parties claires sont bordées d'un liséré encore plus clair, et dont la largeur est en relation avec les petits mouvements involontaires de l'œil. Le fait est particulièrement sensible lorsqu'on fait usage d'une plaque enduite de magnésie, encadrée rectangulairement de papier noir. Si l'on est suffisamment exercé pour tenir l'œil rigoureusement immobile, la plage de magnésie est uniformément blanche. Dès qu'avec la fatigue musculaire apparaissent les petits mouvements de l'œil, les bords s'éclairent davantage, le centre paraît gris.

La fixation rigoureuse n'est en effet pas une attitude naturelle, et l'œil exécute, à l'état normal, de petits mouvements continuels.

Les lisérés clairs que je viens de décrire, et qui passent inaperçus à la plupart des personnes non prévenues, ont dû être remarqués par les peintres, qui sont des observateurs professionnels. En effet, on les trouvera chez nombre d'entre eux, matériellement réalisés de diverses façons. Notamment le Gréco semble en avoir fait un emploi systématique. On trouve aussi ces lisérés assez souvent chez Rembrandt, autant que j'aie pu m'en assurer par des reproductions. Il est très fréquent chez les peintres modernes.

Le liséré clair semble un phénomène différent des phénomènes de contraste, qui se manifestent sur une étendue plus grande, et dont les bords ne sont pas définis; mais une analyse plus attentive révèle des parentés entre ces deux ordres de faits, tout au moins au point de vue des peintres.

Lorsque l'objet est immobile, les successions de sombre et de clair ne se produisent que sur d'étroites régions rétiniennes, car le tremblement de l'œil manque d'amplitude. Mais lorsque l'objet se déplace sur le fond, les taches sombres balaient la rétine sur des étendues beaucoup plus grandes, et assez lentement pour déterminer une adaptation relative. On vérifie ce fait à l'aide de la plage de magnésie encadrée de noir. Il faut donner à l'œil un mouvement unique de grande amplitude : la partie de la plage à l'encontre de laquelle vient le mouvement de l'œil paraît plus éclairée, et ceci sur une étendue supérieure à celle du liséré décrit précédemment.

Une figure qui avance sur un fond sombre paraît donc plus claire du côté où se fait le mouvement. Les différences de clarté vont en se fondant, parce que le mouvement est supposé continu. Les peintres peuvent directement matérialiser ces apparences. Ils peuvent encore les accentuer en utilisant le contraste; il suffira d'assombrir le fond du côté du mouvement, de l'éclaircir du côté opposé.

Il se trouve que la reproduction du contraste ordinaire dans le cas de sujets au repos conduit à la même pratique. On assombrit le fond du côté du profil cutané, on l'éclaircit du côté de la chevelure.

Cette pratique fait sortir le sujet du fond, parce qu'elle suggère le mouvement par équivoque. Rembrandt en fait un usage constant dans les sujets au repos, et tous les maîtres de la peinture en avaient senti la puissance expressive.

EMBRYOGÉNIE. — *Du rôle de l'allure de développement dans l'interfécondité.* Note [1] de M. **Émile Devaux**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Si nous faisons couver, par une même couveuse, des œufs d'un poids égal, les uns de faisane, les autres de poule, nous constatons que l'incubation dure 25 jours pour les premiers, 21 jours pour les seconds. Bien que les germes se trouvent dans les mêmes conditions nutritives (ils sont en présence d'aliments sensiblement identiques comme qualité et comme quantité); bien qu'ils soient soumis exactement à la même température, ils ne se développent pas à la même allure : l'éclosion des œufs de poule est beaucoup plus précoce que celle des œufs de faisane. En ces deux cas l'allure du développement est indépendante des conditions de milieu, il faut la considérer comme un caractère essentiellement héréditaire qui appartient en propre à chaque espèce.

La même remarque peut être faite si nous faisons couver ensemble des œufs de cane d'Inde et des œufs de cane ordinaire; la durée de l'incubation est différente : il faut 35 jours d'incubation pour que les œufs de cane d'Inde éclosent, il n'en faut que 28 pour ceux de notre cane indigène. Dans ce deuxième exemple, comme dans le précédent, l'allure du développement apparaît comme un caractère distinctif séparant nettement les deux espèces voisines.

Remarquons qu'il nous est impossible de modifier l'allure du développement au point d'interchanger l'allure des deux espèces similaires. Que nous élevions, autant que possible, la température d'incubation nous n'arriverons jamais à faire éclore un œuf de faisane en 21 jours; que nous abaissions, autant que possible, la température d'incubation, nous n'arriverons jamais à faire éclore un œuf de poule au bout de 25 jours. Il nous est impossible également de faire éclore des œufs de cane indigène en 35 jours ou

(1) Séance du 25 juin 1923.

des œufs de cane d'Inde en 28 jours. Cela nous apprend combien est forte l'influence héréditaire qui règle l'allure du développement dans chacune de ces espèces. Quand donc nous croisons des individus de ces espèces différentes, chaque produit hybride qui se forme est soumis à deux influences contraires : il est invité impérieusement d'une part à se développer vite, il est invité non moins impérieusement d'autre part à se développer lentement. Il est bien évident qu'un tel conflit entre des processus héréditaires également tous puissants ne peut être que nuisible au développement. Et de fait les coquarts, les hybrides nés du croisement de l'espèce faisan avec l'espèce poule sont stériles ; il en est de même des mulards, des hybrides issus du croisement du canard d'Inde avec notre cane. L'infécondité de ces animaux est due à un défaut d'achèvement des organes de la génération ; l'âge adulte, c'est-à-dire le moment où tous les organes reçoivent l'ordre de s'arrêter en leur développement survient prématurément, avant que les organes de la reproduction, les plus tardifs précisément à se développer, aient eu le temps d'achever leur évolution.

D'autres exemples fournis par des espèces bien connues nous révèlent qu'il ne s'agit point là de faits exceptionnels, bien au contraire ; l'inégalité des vitesses de développement de deux espèces voisines d'animaux à sang chaud est de règle ; elle n'est pas faible au point qu'il faille la rechercher attentivement pour s'en rendre compte, elle est considérable, au contraire, et, comme elle coexiste toujours avec des anomalies de l'interfécondité, c'est à elle qu'il faut attribuer l'infécondité absolue ou relative des hybrides nés de deux espèces différentes.

Le canari est apte à entrer en pariage dès sa première année d'âge, le chardonneret ne l'est qu'au cours de sa deuxième année. Or, les hybrides issus du croisement canari-chardonneret sont stériles.

Le lapin a complètement achevé son développement avant l'âge d'un an ; le lièvre n'est pas adulte avant 15 mois : or, il est presque impossible d'obtenir des produits hybrides en croisant ces deux espèces.

Le chien est adulte peu après l'âge d'un an ; le loup n'achève son développement qu'entre 2 ans et demi et 3 ans. Or, c'est avec les plus grandes difficultés qu'on a pu obtenir des hybrides de chien et de louve.

L'âne est complètement adulte à 3 ans, le cheval n'a achevé tout son développement qu'entre 4 ans et demi et 5 ans. Or, le mulet issu du croisement de ces deux espèces est toujours stérile.

Le bouc est complètement adulte à 18 mois, le bélier n'aura achevé tout son développement qu'à l'âge de 3 ans. Or, c'est avec des difficultés extrêmes qu'on a obtenu des hybrides de ces deux espèces.

Dans tous ces cas l'interchangement des allures de développement est impossible; chaque espèce transmet impérieusement à ses produits l'allure de développement qui lui est propre. Il nous est impossible en particulier d'obtenir qu'un chien grandisse encore à 2 ans et demi, comme un loup; ou qu'un âne grandisse encore à 4 ans et demi comme un cheval. Toutes proportions gardées, le fait serait aussi étonnant que si nous pouvions obtenir qu'un homme grandisse encore à 30 ans, à 40 ans et au delà.

Ces faits nous avertissent que si deux espèces ne se croisent pas, ou si elles se croisent mal, c'est parce qu'il existe un trop grand écart entre les allures de développement transmises par les reproducteurs; il s'agit là d'une loi que l'observation d'espèces à sang chaud met facilement en évidence, car ces espèces ne sont pas soumises, comme les autres, à l'influence accélérante ou retardante du milieu. Mais cette loi n'en est pas moins des plus générales, elle s'applique en réalité à toutes les espèces animales à sang froid et également à toutes les espèces végétales; elle nous permet d'interpréter une foule de faits tels que l'infécondité absolue ou relative des hybrides d'espèces différentes, le retour au type, la variation désordonnée, etc.

A cette preuve d'ailleurs nous pouvons donner une contre-épreuve : toutes les races de chien, si disparates qu'elles soient, si divergentes qu'elles puissent être au point de vue anatomique, ont la même allure de développement; king-charles et saint-Bernard, bassets et danois, lévriers et bouledogues, deviennent adultes au même âge; il ne faut pas plus de temps pour acquérir toute sa taille à un chien colosse qu'il n'en faut à un chien pygmée pour acquérir la sienne; la durée de la gestation est la même à quelques jours près (59 jours au moins, 63 au plus) qu'il s'agisse d'une chienne naine ou d'une chienne géante. Si donc toutes les races de chien sont constamment et indéfiniment interfécondes, c'est à l'égalité remarquable des allures de leur développement qu'il faut l'attribuer ou à la grande facilité avec laquelle ces allures peuvent se mettre d'accord.

ZOOLOGIE. — *Les modalités du gynandromorphisme chez les Gallinacés.* Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En novembre 1922, nous recevions de M. J. Delacour, une poule anormale de race Leghorn blanc, âgée de 8 mois. Après avoir acquis à la

puberté et conservé pendant quelques semaines tous les caractères de son sexe, cet animal s'était soudainement transformé, par juxtaposition d'attributs masculins, réalisant un exemple remarquable de gynandromorphisme.

*Signalement.* — Taille normale, plumage de poule, c'est-à-dire cou et région dorso-lombaire recouverts de plumes courtes et arrondies. Pas de faucilles véritables, mais simplement au-dessus des rectrices, plumes légèrement incurvées. Sur les tarses : ergots courts (4mm), correspondant à 2 mois de poussée.

Par contre, tête présentant tous les caractères du coq adulte Leghorn blanc : crête très développée (130mm × 80mm), épaisse, turgescente, érigée verticalement et non tombante, barbillons très longs, joues étendues, tous écarlates par abondance de circulation sous-cutanée. Maintien et attitudes du coq; d'ailleurs, instincts du mâle, c'est-à-dire ardeur sexuelle, humeur belliqueuse vis-à-vis des rivaux, chant.

*Autopsie.* — L'autopsie, faite le 18 décembre 1922, nous apprend que le sujet possède, au lieu de l'ovaire unique, deux glandes reproductrices, l'une occupant la place normale, à gauche, la seconde, la position symétrique. A proximité de la première se termine un oviducte rectiligne, mince, nettement infantile. L'autre glande ne possède aucun conduit sexuel apparent.

*Glande reproductrice gauche.* — Organe grisâtre, aplati contre la paroi dorsale, inséré par une large surface, comme l'ovaire, contre la veine cave inférieure, multilobé, large vers l'avant, aminci vers l'arrière, flanqué par-dessous, d'un nodule arrondi. Aspect uniforme, ne rappelant en rien celui de la « grappe » d'œufs en formation. Poids total : 0g,5. Au microscope, nous constatons deux régions concentriques. A l'intérieur, il existe une masse uniforme de canaux séminifères assez étroits renfermant seulement une assise de spermatogonies très serrées l'une contre l'autre, canaux limités par un conjonctif assez épais et séparés par un tissu interstitiel abondant. La zone périphérique comporte un stroma d'aspect ovarien, au bord duquel existent des traînées de cellules : grosses cellules comparables à celles qui forment les cordons de Pflüger et cellules folliculeuses plus petites, mais sans follicule ovarien normal. Un épithélium aplati, comparable à l'épithélium germinatif, entoure l'organe qui ne présente aucune trace d'albuginée. La glande peut être interprétée comme un ovaire infantile, envahi progressivement du centre à la périphérie par une prolifération des cordons sexuels embryonnaires; au lieu de dégénérer, comme d'habitude, ceux-ci se sont développés en évoluant dans le sens masculin. Nous ignorons la cause de cette anomalie.

*Glande reproductrice droite.* — Organe blanchâtre, dur, ayant la forme d'un petit haricot. Poids 0g,4. Il est entouré par une albuginée normale et formé par des canaux séminifères également tapissés, à leur intérieur, de spermatogonies très serrées; dans la lumière du canal, il existe des éléments dégénérescents. Tissu interstitiel abondant, comprenant, comme d'habitude, des éléments conjonctifs à noyau très allongé et

aminci et des éléments interstitiels vrais, peu osmiophiles d'ailleurs. Les récentes expériences de Zawadowski nous conduisent à attribuer au fléchissement de l'ovaire le développement insolite du testicule droit.

*Interprétation.* — 1° La double poussée testiculaire, probablement tardive, a assuré chez notre sujet l'apparition des caractères vraiment mâles : croissance exagérée des organes vasculaires, comportement, chant; 2° la fonction endocrine de l'ovaire, lors de la puberté (vers 3 ou 4 mois), a bloqué le plumage mâle et laissé subsister le plumage de la poule; 3° la poussée des ergots à partir de 6 mois a marqué la fin de l'action ovarienne. En la circonstance, il n'est nullement paradoxal de trouver réunis et le plumage femelle conditionné par l'ovaire et l'ergot qui est la négation même de cette action : le plumage acquis lors d'une mue persiste jusqu'à la mue suivante, même si la condition hormonique active est, durant ce temps, supprimée ou inversée (ce que l'un de nous a désigné récemment (¹) sous le nom de « dysharmonie endocrinienne »).

Conclusion. — Ce cas intéressant, joint aux exemples similaires décrits depuis quelque temps, tant en France qu'à l'étranger, nous conduit à classer, d'après la cause, les différentes modalités du gynandromorphisme chez les Oiseaux de race pure.

*a. Type asexué.* — Il est toujours réalisé passagèrement au moment de la mue de puberté chez les mâles, dans les espèces à dimorphisme sexuel très prononcé, (ex. Thaumalés, Phasianidés, etc.), le plumage pubéral mâle réellement neutre) n'apparaissant que par échelons, se trouve pendant quelque temps mélangé au plumage infantile (semblable à celui de la femelle).

*b. Type unisexué.* — On l'observe chez certaines femelles d'oiseaux où il est provoqué par une atrophie incomplète de l'ovaire, entraînant une neutralisation partielle. Il relève de la question des « seuils différentiels » du soma.

*c. Type bisexué.* — Nous rangeons dans cette catégorie les exemples qui présentent le signe d'une influence hormonique double (étudiés par Shattock et Seligmann; A. Pézard, Knud Sand et Caridroit; Hartmann et Hamilton; Zawadowsky, etc.). La poule décrite ici rentre dans cette catégorie et nous fournit un argument de plus en faveur du non-antagonisme des hormones génitales (Knud Sand) et de la double potentialité du soma.

---

(¹) A. Pézard, *La loi du tout ou rien et le gynandromorphisme chez les Oiseaux*, 2e Mémoire (*Journ. de Phys. et de Path. gén.*, 1922, p. 506-507).

Remarque. — Le gynandromorphisme biparti peut se produire ou être obtenu expérimentalement dans les trois catégories et les théories actuelles suffisent à l'expliquer. Postuler à son égard l'action du système nerveux nous semble en contradiction avec les faits; car, si ce système entrait en jeu, les poules ou les faisanes normales, qui possèdent à droite (où n'existe aucune glande) la condition neutre et à gauche la condition ovarienne, ne manqueraient pas d'avoir en correspondance, d'un côté le plumage neutre commun à la poule ovariectomisée, au chapon et au coq et de l'autre côté seulement le plumage femelle habituel.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Effets tardifs de la dilution du sperme sur le développement de l'œuf d'Oursin.* Note de Mme **Anna Drzewina** et de M. **Georges Bohn**, présentée par M. E. Bouvier.

Dans les expériences de fécondation des œufs d'Oursin par le sperme de la même espèce, l'importance des facteurs *masse* et *temps* se dégage avec une grande netteté. La dilution du sperme tend à le rendre inactif, et d'autre part, plus est long l'intervalle entre le moment où le sperme est dilué et celui où il est mis en contact avec les œufs, plus est grave l'atteinte portée à l'activité du sperme. Les courbes que l'on peut tracer de ce phénomène ont un aspect régulier, et accusent une chute d'autant plus rapide et brusque que la dilution est plus faible. Cependant, quand, à partir de certaines concentrations (environ, entre $\frac{1}{5000}$ et $\frac{1}{100000}$), on examine, comme nous l'avons fait, de plus près ce qui se passe dans la première heure après la dilution, et qu'on suit le sort des œufs fécondés dans cette période, on constate ceci : Le sperme aussitôt après la dilution est parfaitement actif, et féconde pratiquement 100 pour 100 des œufs, mais il tend à diminuer leur vitalité, de sorte que les larves issues de ces œufs ou bien se cytolysent, ou bien demeurent chétives. Au contraire, une culture faite avec du sperme une vingtaine de minutes après la dilution est vigoureuse et sans déchet. Autrement dit, à côté de la perte du pouvoir fécondant du sperme dans le temps, dont il vient d'être question, se manifeste, tout au début, un autre phénomène, dont la courbe se traduirait par une chute brusque d'abord, puis un redressement.

Déjà dans une Note que nous avons publiée en 1912, au sujet des « effets de l'inhibition des oxydations sur les spermatozoïdes et par leur intermédiaire sur le développement » [1], nous avons relevé un phénomène qui pourrait être rapproché de celui-ci : les spermatozoïdes traités au cyanure

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1639.

de potassium (afin d'en inhiber les oxydations) pendant plusieurs heures donnaient des développements meilleurs et plus nombreux que quand le traitement n'était que de 1 heure ou de 30 minutes. Dans le cas actuel, il ne s'agit pas d'un traitement à l'aide d'une substance nocive. Le sperme est tout simplement dilué dans de l'eau de mer, eau puisée au large et conservée pendant un an ou plus au laboratoire, dans des bonbonnes, — précaution que prennent souvent les biologistes quand ils veulent s'assurer un milieu constant pour leurs élevages. Il s'agit donc d'un « milieu naturel ». Mais, du fait de passer de la glande génitale d'Oursin dans de l'eau de mer, le sperme subit un changement, un écart de son équilibre primitif; il y revient après une oscillation, d'où chute de la courbe suivie de redressement. S'il était légitime d'emprunter ici un terme de psychologie animale, nous dirions que le sperme présente une « sensibilité différentielle ». Le « changement » même qu'on lui fait subir ne diminue pas, ou diminue peu son pouvoir fécondant, mais exalte en quelque sorte son pouvoir cytolysant (on sait que d'après Jacques Loeb le spermatozoïde introduit dans l'œuf deux substances, dont l'une amène une cytolyse périphérique d'où formation de la membrane, et dont l'autre neutralise les effets cytolysants de la première), ou du moins contagionne l'œuf et en amène la cytolyse tardive.

Voici, à titre d'exemple, une expérience parmi celles que nous avons effectuées à l'Institut Océanographique de Monaco, dans les mois de mars et avril.

(23 *avril*). Dans deux boîtes de Pétri contenant chacune $30^{cm^3}$ d'eau, on ajoute 1 goutte de sperme de *Strongylocentrotus lividus* venant d'être dilué au $\frac{1}{100}$ (ce qui porte la dilution au $\frac{1}{50000}$). La première reçoit les œufs aussitôt, la seconde après 20 minutes seulement. Dans les deux lots, le pourcentage des œufs fécondés est à peu près le même, environ 100 pour 100 (dans d'autres expériences, il est souvent plus faible dans le premier lot), mais les segmentations dans le premier lot ont moins bon aspect. Le lendemain, dans 1, les larves sont pour la plupart cytolysées, alors que dans 2 on a de belles blastulas nageantes (température 16°), et point de cytolyse.

Voici une autre expérience portant cette fois sur *Echinus microtuberculatus :*

(16 *avril*). Une dizaine de verres de montre contenant chacun $2^{cm^3}$ d'une même dilution de sperme au $\frac{1}{50000}$ reçoivent, le premier, les œufs immédiatement, et les autres de 10 minutes en 10 minutes. Le lendemain, dans 1, pas mal de déchets et de larves cytolysées, alors que dans 2 et surtout dans 3, de belles gastrulas et presque pas de déchets. Le surlendemain, le contraste est plus accusé encore : d'une part, nombreuses cytolyses et pluteus à bras rudimentaires; d'autre part, culture parfaite, pluteus à bras déjà longs. Quant aux lots suivants, on y relève le fléchissement habituel et progressif

du nombre d'œufs fécondés (voir plus haut), avec cependant, à un certain moment, une nouvelle oscillation, de moindre amplitude que la première, et qui n'est pas sans intérêt : nous y reviendrons ailleurs.

Nos expériences faites à Monaco sur *Str. lividus* et *Ech. microtuberculatus* nous ont donc montré que le sperme employé aussitôt après sa dilution donne des développements médiocres et des cytolyses, et que pour avoir une bonne culture il faut laisser s'écouler un laps de temps donné entre le moment de la dilution et la mise au contact des œufs. Mais il est bien entendu que cette règle n'est valable qu'entre certaines limites de dilution. En effet, si le sperme est très étendu, par exemple au $\frac{1}{500\,000}$ ou au delà (il y a toujours à tenir compte des variations individuelles de la sensibilité), la perte du pouvoir fécondant est si rapide que le phénomène dont il est question ici ne peut guère se manifester; et il est encore masqué, mais pour les raisons inverses, dans le cas d'une suspension trop concentrée, au $\frac{1}{1000}$ par exemple.

Mais il y a une autre considération encore, d'un grand intérêt biologique : celle de la *localité*, et sans doute aussi celle de la *saison*. Quand nous avons voulu répéter les expériences ci-dessus à Roscoff, en mai et juin, sur *Str. lividus*, nous n'avons pas obtenu les cytolyses qui nous ont tant frappé dans nos essais à Monaco. Souvent, les morulas, blastulas, gastrulas même ont été aussi belles dans l'un comme dans l'autre lot. L'effet de la dilution du sperme sur le développement des œufs ne s'en manifeste pas moins, mais plus tardivement, et de façon moins brutale : on a d'une part des pluteus chétifs, opaques, souvent en dôme, n'arrivant pas à acquérir des bras, d'autre part, de beaux pluteus normaux. Nous avons constaté d'ailleurs, que les *Str. lividus* à Monaco supportent fort mal la captivité et que leur sperme, même quand il est concentré, perd beaucoup plus rapidement son pouvoir fécondant que dans le cas de la même espèce, à Roscoff.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Les formes primitives du phylum des Thigmotriches; le genre* Thigmophrya. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans des Notes précédentes ([1]), nous avons établi l'existence d'un phylum de Ciliés commensaux et parasites des Mollusques et d'autres Invertébrés,

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 787, 915 et 1445.

les Thigmotriches, comprenant les trois familles des Ancistridés, des Hypocomidés et des Sphénophryidés, trois étapes d'une évolution continue qui, sous l'influence de la vie sédentaire et du parasitisme, a mené des Ciliés primitifs indifférenciés du type holotriche à des formes sans bouche et sans cils, immobiles et gemmipares comme des Acinétiens.

Dans la Note où nous exposions les grandes lignes de cette évolution, nous considérions déjà comme bien établies les relations des Ancistridés avec les Hypocomidés et celles des Hypocomidés avec les Sphénophryidés, c'est-à-dire la continuité des trois termes les plus évolués du phylum des Thigmotriches. Par contre, un hiatus important subsistait encore entre les Ancistridés, Holotriches déjà très spécialisés et les Holotriches libres normaux, de sorte que les relations des uns avec les autres restaient encore purement hypothétiques.

Nous avions bien, pour les étayer, évoqué, avec Fauré-Frémiet (1910), l'existence d'un thigmotactisme déjà accentué, mis en évidence par Jennings (1907) chez certains Holotriches libres tels que les Paramécies. Jennings a montré que ces Infusoires sont capables d'adhérer à un support en immobilisant leurs cils à son contact sur une étendue plus ou moins grande de leur ciliature. Ce phénomène est d'ailleurs facile à constater en micro-aquarium. L'adhérence peut se faire par n'importe quelle région du corps. Mais, d'après nos observations personnelles, c'est le plus souvent par le pôle antérieur qu'elle s'effectue. Il est à remarquer que, même dans cette région, elle n'a entraîné aucune modification morphologique de la ciliature, et l'on n'avait point d'exemple jusqu'ici, à notre connaissance, d'Holotriches de type primitif à ciliature thigmotactique différenciée.

Nos recherches nous ont procuré cet exemple et nous ont ainsi permis de combler partiellement la lacune qui existait à la base du phylum. C'est d'ailleurs, remarquons-le, toujours sur ce même terrain où s'est effectuée toute l'évolution des Thigmotriches, sur les branchies des Lamellibranches, que nous avons découvert cet Infusoire : chez *Mactra solida* à Roscoff (plage de Terennès) et chez *Tapes pullastra* à Wimereux.

Beaucoup moins sédentaire que les Ancistridés proprement dits, il rampe entre les filaments branchiaux, se fixe à eux ou nage dans la cavité palléale. Il ne montre, à première vue, aucune adaptation à ces conditions d'existence déjà spécialisées et pourrait passer pour une forme libre intruse.

Son galbe est celui d'un holotriche libre primitif, rappelant beaucoup celui des Paramécies; ovoïde allongé à gros bout antérieur de 80 à $120^{\mu}$ de long et de 15 à $30^{\mu}$ de large. Bouche à la limite des premier et deuxième

tiers antérieurs, au ras de la surface, sans frange adorale différenciée. Stries ciliaires méridiennes nombreuses et serrées. Mais examiné quelque peu attentivement, cet Infusoire montre, sur une étendue correspondant au cinquième postérieur de sa face dorsale, un champ elliptique où les cils, plus hauts et plus serrés que partout ailleurs, sont insérés sur des stries ciliaires épaisses, tronçons renforcés des stries de la ciliature dorsale. C'est là une aire thigmotactique identique à celle des autres Thigmotriches. Et elle se distingue non seulement par la taille de ses cils, mais encore par leurs mouvements qui ne sont pas synchrones de ceux de la ciliature générale. Il arrive souvent que, quand ceux-ci se ralentissent ou s'immobilisent, les cils thigmotactiques continuent à battre activement, par ondes d'ensemble dirigées de droite à gauche. Inversement les cils thigmotactiques restent rigides quand l'Infusoire nage au moyen de sa ciliature générale. Celle-ci sert à la natation, l'aire thigmotactique à la reptation et à l'adhérence temporaire.

N'était l'existence de cette aire thigmotactique bien différenciée, cet Infusoire pourrait entrer dans le genre *Conchophtirus* qui comprend des espèces commensales des Lamellibranches et d'autres Invertébrés. Comme chez ceux-ci la vacuole pulsatile s'ouvre dans le cytostome. Il rappelle particulièrement par sa forme générale, ses dimensions, sa structure, le *Conchophtirus antedonis* d'André. Mais il n'y a, d'après les auteurs, chez les *Conchophtirus* aucune ébauche d'aire thigmotactique, fait dont nous nous sommes assurés en ce qui concerne le *Conchophtirus anodontæ* Stein.

Nous faisons de notre Infusoire le type du nouveau genre *Thigmophrya* et de l'espèce *bivalviorum* n. sp.

Il représente l'un des tout premiers stades de l'évolution des Holotriches Hyménostomes à ciliature indifférenciée vers les Ancistridés, tous pourvus d'une aire thigmotactique bien individualisée. Mais il ne montre encore aucune ébauche de la frange ciliaire adorale si développée chez tous les Ciliés de cette famille, comme conséquence de leur vie sédentaire. Il fournit la preuve que, dans cette évolution, la différenciation de l'aire thigmotactique a précédé phylogénétiquement celle de la zone adorale et que le développement de celle-ci est bien une conséquence de la fixation.

A 15$^{h}$50$^{m}$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16$^{h}$30$^{m}$.

E. P.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus dans les séances de mai 1923.

*Traité des tumeurs de l'œil, de l'orbite et des annexes*, par Félix Lagrange. Tome I : *Tumeurs de l'œil*, 1901; Tome II : *Tumeurs de l'orbite et des annexes*, 1924. Paris, G. Steinheil; 2 vol. $27^{cm}$. (Présenté par M. Bazy.)

*Théorie et pratique des colloïdes en Biologie et en Médecine*, par W. Kopaczewski. Paris, Vigot frères, 1923; 1 vol. $25^{cm}$. (Présenté par M. H. Vincent.)

*Notes ethnographiques sur des populations habitant les bassins du Kasaï et du Kwaugo oriental : 1. Peuplades de la forêt; 2. Peuplades des prairies*, par E. Torday et T. A. Joyce. Bruxelles, 1922, publié par le Ministère des Colonies; 1 vol. $35^{cm}$.

*Le royaume des cieux. Un peu du secret des étoiles*, par Charles Nordmann. Paris, Hachette, s. d.; 1 vol. $19^{cm}$. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

*Systèmes cellulaires des mondes. La lumière relative et l'expérience de Michelson*, par Stefan Christesco. Paris, Félix Alcan, s. d.; 1 vol. $24^{cm}$. (Présenté par M. D. Berthelot.)

*L'électrodynamique des milieux isotropes en repos, d'après Helmholtz et Duhem*, par Louis Roy. Paris, Gauthier-Villars et Cie, s. d.; 1 vol. $19^{cm}$.

*Les isotopes*, par F. W. Aston Traduit par Mlle S. Veil, avec préface de G. Urbain. Paris, J. Hermann, 1923; 1 vol. $22^{cm}$.

(*A suivre.*)

---

## *ERRATA.*

(Séance du 11 juin 1923.)

Note de MM. *R. Fosse* et *A. Hieulle*, Dérivés xanthylés de l'acide allophanique, de la thiosinamine et de l'allantoïne :

Page 1719, remplacer l'appel de note (²) par (¹) à l'avant-dernière ligne et supprimer (²) à la note.